

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCCEN



Faculté de Technologie
Département de Génie Civil

*Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de
Master en Travaux Publics
Option : Voies et Ouvrages d'Art*

INTITULÉ

**MODERNISATION DU TRACÉ DU CW100 SUR 36 KM RELIANT LES
CENTRES DE SELLAM BAB EL ASSA-NEDROMA-ET SOUANI**

Soutenu en Juin 2019 par :

**BELHACINI Anissa
YOUSSEFI Imane**

Devant Le Jury :

Président	BENAMAR A.	Maitre-assistant (Université Tlemcen)
Encadrant	EL-HOUARI N.	Maitre de conférences (Université Tlemcen)
Encadrant	TALHAOUI Z.	Ingénieur principal (Direction des travaux publics)
Examineur	GHENANI B.	Maitre-assistant (Université Tlemcen)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH le tout puissant, qui nous a donné le courage, la force et la foi de mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement nos encadreurs, Mme ELHOUARI. N et Mme TALHAOUI Z. Qui ont accepté de suivre notre projet et pour leur soutien, leur aide, leur conseils pertinents et leur disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Un remerciement particulier et sincère pour Mr GHENANI B. et Mr BENAMAR A., Mr BEZZAR A. et Mr MERIOUA A. pour leurs aides fournis. Ils étaient toujours à l'écoute, que ce travail soit un témoignage de notre gratitude et notre profond respect.

Nos vifs et sincères remerciements vont également aux membres du jury Mr BENAMAR A. le président et Mr GHANANI B. l'examineur, qui ont bien voulu nous honorer par leur précieuse présence parmi nous, afin d'examiner d'évaluer ce modeste travail.

Nous remercions aussi Mr HADJ MOULAY le subdivisionner de (DTP) de la ville de Nedroma, Mr BOUAZZI pour leurs patiences et leurs explications précieuses durant notre visite du site.

Nous remercions également tous les enseignants du département Génie Civil de l'université d'ABOU BEKR BELKAID.

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.

Dédicace

Tous d'abord je remercie le bon **DIEU** qui m'a donné le courage pour arriver à ce stade de fin d'étude.

Du profond de mon cœur je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

À mes très chers parents, CHAHRAZED & AHMED

Vous êtes l'exemple de l'amour et de dévouement qui n'ont pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Vous êtes considérés comme ma vie et ma joie, les mots ne seront jamais suffisants pour décrire mon amour que j'ai pour vous. Que le bon Dieu les protège et les bénisse.

À mon cher frère MADANI R.

Merci énormément pour votre soutien plus que précieux, vos encouragements, vos conseils et votre grand cœur. Fière d'avoir un frère comme vous que dieu vous protège.

À mes chères sœurs

AMEL & NEDJET pour leurs patiences, soutiens et leurs sentiments d'amours pour moi aux moments les plus difficiles, vous êtes les étoiles de ma vie. Passant à ma petite nièce CHAHRAZED, notre petite princesse la joie de la famille. Que dieu vous garde et illumine vos chemins.

À mon cher frère MOHAMED B.

À mes chères tantes pour leurs soutiens et leurs affections.

À mes chers cousins et cousines

J'espère que je vous ai honoré, et que je vous ai rendue fière.

Un remerciement particulier et sincère pour Asmaa, Faisa, Mohamed S., Affaf, Asmaa, Latifa.

À mes chers amis (es)

Je vous aime énormément et je vous souhaite que du bonheur.

Un remerciement particulier pour B.Fatima zahra ,B.Nadia.

À toute la promotion de VOA 2019

Je ne peux trouver les mots sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des amis sur qui je peux compter. Je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Belhacini Anissa

Dédicace

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

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... aussi, c'est tout simplement que je dédie ce travail ...

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À tout ma famille à tous mes amis à toute la promotion VOA 2019

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère. À toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous ceux que j'ai omis de citer.

Youssefi Imane

Résumé

Ce-projet présente une étude détaillée d'une voie d'évitement de la ville de NEDROMA sur trois km, il sera raccordé au nord de la ville sur la route nationale RN 99 et abouti au chemin de wilaya CW100 au sud-ouest, dans cet effet ce projet traite de l'ensemble la conception de cette voie comme il a mis les points sur les problèmes posés par cette route (on parle de problème de remblai et déblai). Les études menées dans ce mémoire tournaient autour du calcul du trafic, une partie détaillée de la géométrie routière grâce au logiciel « COVADIS » a été mis en évidence en parallèle. Le dimensionnement du corps de chaussée s'est effectué par deux méthodes semi empiriques (la méthode CBR, la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) ainsi que de la méthode rationnelle servant du logiciel de dimensionnement Alizé-LCPC.

MOTS CLÉS :

Tracé routier, Dévers, Déblai, Chaussée, Vitesse

Asbtract

This project presents a detailed study of a bypass of the city of NEDROMA over three kilometers, it will be connected to the north of the city on the RN 99 national road and lead to the wilaya road CW100 to the southwest. This project deals with the overall design of this road as well as highlighting the problem of cutting and embankments. The studies carried out in this thesis revolved around the calculation of the traffic, a detailed part of the road geometry using to the software « COVADIS » was underlined in parallel. The dimensioning of the pavement was carried out using two semi-empirical methods (the CBR method, the cataloging method for new pavement dimensioning) and the rational method using the Alizé-LCPC dimensioning software.

KEYWORDS :

Road disign, Slope, Cutting, Pavement, Speed.

ملخص

يقدم هذا المشروع دراسة مفصلة لطريق اجتنابي لمدينة ندرومة على بعد ثلاث كيلومترات، سيكون متصلاً بشمال المدينة على الطريق الوطني RN 99 ويؤدي إلى طريق الولاية CW100 إلى الجنوب الغربي، في هذا الصدد، يتعامل هذا المشروع مع التصميم الكامل لهذا المسار كما وضع النقاط على المشاكل التي يطرحها هذا الطريق (نتحدث عن مشكلة الحفر والردم). الدراسات التي أجريت في هذه الأطروحة تدور حول حساب حركة المرور، جزء مفصل لهندسة الطرق باستخدام برنامج «COVADIS» تم تمييزه بشكل متوازٍ. تم تصميم جسم الرصيف بطريقتين شبه تجريبية (طريقة CBR، طريقة كتالوج التصميم لطرق معبدة جديدة) وكذلك الطريقة المنطقية باستخدام برنامج التصميم Alizé-LCPC.

الكلمات المفتاحية :

مسار الطريق، منحدر، حفر، طريق، سرعة.

Chapitre 1

Tableau 1.1	Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne	5
Tableau 1.2	Classification de la sinuosité moyenne (B40, 1977).....	6
Tableau 1.3	Environnement en fonction du relief et de la sinuosité (B40, 1977).....	7
Tableau 1.4	Coefficient d'équivalence P (B40, 1977).....	12
Tableau 1.5	Coefficient lié à l'environnement K_1 (B40, 1977).....	13
Tableau 1.6	Coefficient lié à l'environnement K_2 (B40, 1977).....	13
Tableau 1.7	Les capacités théoriques C_{th} (B40, 1977).....	13
Tableau 1.8	Récapitulatif des résultats de trafic.....	17

Chapitre 2

Tableau 2.1	Les valeurs de dévers préconisés pour l'Algérie (B40, 1977).....	28
Tableau 2.2	Tableau comparatif des variantes	29
Tableau 2.3	Rayon en plan et dévers associés.....	30
Tableau 2.4	Les paramètres fondamentaux de notre route (C_3 , E_3).....	31
Tableau 2.5	Les coordonnées du tracé en plan pour notre exemple.....	32
Tableau 2.6	Récapitulatif des résultats calculés du tracé en plan.....	36
Tableau 2.7	Rayons verticaux pour angle saillant (B40, 1977).....	39
Tableau 2.8	Rayons verticaux pour angle rentrant (B40, 1977).....	40
Tableau 2.9	Valeurs de déclivité maximale de C_3 (B40, 1977).....	41
Tableau 2.10	Vitesse de décrochement (B40, 1977).....	42
Tableau 2.11	Voie de décrochement et d'insertion (B40, 1977).....	42
Tableau 2.12	Cordonnées (X, Z) d'un rayon convexe.....	44
Tableau 2.13	Cordonnées (X, Z) d'un rayon concave.....	45

Chapitre 3

Tableau 3.1	Les valeurs des coefficients d'équivalences.....	61
Tableau 3.2	La portance de sol-support (CTTP fascicule 1, 2001).....	63
Tableau 3.3	Classes de portance de sol-support (CTTP fascicule 1, 2001)	63
Tableau 3.4	Sur classement avec couche de forme au matériau non traité.....	64
Tableau 3.5	Les zones climatiques de l'Algérie (CTTP fascicule 1, 2001).	64

Chapitre 4

Tableau 4.1	Variation de GAUSS. (SETRA, 2006).....	76
Tableau 4.2	Coefficient de ruissellement (SETRA, 2006).....	77
Tableau 4.3	Lignes longitudinales.	85
Tableau 4.4	Caractéristiques des lignes discontinues.....	86
Tableau 4.5	Récapitulatif des résultats de débit d'apport.....	89
Tableau 4.6	Devis quantitatif et estimatif.....	93

Chapitre 1

Figure 1.1	Carte de la ville de Nedroma (DTP, 2015).....	3
Figure 1.2	Situation géographique du projet (Google earth, 2019).	3
Figure 1.3	Dénivelée cumulée moyenne.....	5
Figure 1.4	Sinuosité.	6
Figure 1.5	Catégories des routes selon la norme Algérienne B40	8

Chapitre 2

Figure 2.1	Les éléments du tracé en plan (LCPC).....	21
Figure 2.2	Force centrifuge.....	22
Figure 2.3	Détermination de paramètre de la clothoïde	25
Figure 2.4	Élément de la clothoïde.....	26
Figure 2.5	Couloir des variantes étudiées.	30
Figure 2.6	Exemple de calcul d'un tracé en plan	32
Figure 2.7	Présentation du profil en long.....	37
Figure 2.8	Éléments géométriques du profil en long.....	38
Figure 2.9	Schéma de principe d'une voie supplémentaire pour véhicules lents (B40, 1977)..	43
Figure 2.10	Courbe convexe.....	44
Figure 2.11	Courbe concave.....	45
Figure 2.12	Élément du profil en travers.	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2.13	Profil en travers en déblai(COVADIS).	49
Figure 2.14	Profil en travers en remblai(COVADIS).	49
Figure 2.15	Profil en travers mixte (COVADIS).	49
Figure 2.16	Profil en travers mixte.....	50
Figure 2.17	Schéma explicatif de la méthode de la moyenne des aires.....	51
Figure 2.18	Profil en long type d'un tracé	51

Chapitre 3

Figure 3.1 Chaussée souple (LCPC & SETRA, 1998).....	54
Figure 3.2 Chaussée semi-rigide (LCPC & SETRA, 1998).....	55
Figure 3.3 Chaussée rigide (LCPC & SETRA, 1998).....	55
Figure 3.4 Coupe type des couches d'une chaussée (LCPC & SETRA, 1998)	57
Figure 3.5 Démarche de catalogue.....	61
Figure 3.6 Classe de trafic (CTTP fascicule 1, 2001).....	62
Figure 3.7 Les épaisseurs des couches de la méthode CBR.....	67
Figure 3.8 Les épaisseurs des couches de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	68
Figure 3.9 Définition de la structure	69
Figure 3.10 Calcul des valeurs admissibles	69
Figure 3.11 La vérification de la structure	70

Chapitre 4

Figure 4.1 Différents termes hydrauliques (SETRA, 2006).....	75
Figure 4.2 Buse.....	79
Figure 4.3 Dalot.....	80
Figure 4.4 Fossé.....	81
Figure 4.5 Type de modulation.....	85
Figure 4.6 Carrefour giratoire.....	91
Figure 4.7 Carrefour en T.....	92

Table des matières

RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VI
ملخص	VII
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	X
TABLE DES MATIÈRES	XII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Chapitre 1 : Présentation du projet et étude De trafic	
1.1 INTRODUCTION	2
1.2 PRÉSENTATION DU PROJET- VILLE DE NEDROMA	2
1.3 ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE	4
1.3.1 La dénivelée cumulée moyenne h/L.....	4
1.3.2 Sinuosité ls/L	6
1.4 CATÉGORIES DES ROUTES	7
1.5 ÉTUDE DE TRAFIC.....	9
1.5.1 Différents types de trafic.....	9
1.5.2 Méthode et mode de mesure du trafic	10
1.5.3 Calcul de la capacité	11
1.6 LOGICIEL UTILISÉ DANS NOTRE ETUDE	14
1.7 APPLICATION AU PROJET.....	14
1.7.1 Choix de l'environnement	14
1.7.2 Le Trafic.....	15
1.8 CONCLUSION.....	18

Chapitre 2 : Géométrie routière

2.1 INTRODUCTION	19
2.2 TRACÉ EN PLAN	19
2.2.1 Règles du tracé en plan	20
2.2.2 Les éléments du tracé en plan.....	20
2.2.3 Calcul d'axe.....	28
2.2.4 Choix de variantes.....	29
2.2.5 Exemple de calcul pour notre projet.....	30
2.3 PROFIL EN LONG	37
2.3.1 Règles à respecter dans : La ligne rouge- Le tracé du profil en long	37
2.3.2 Éléments géométriques du profil en long	38
2.3.3 Déclivité	41
2.3.4 Voie supplémentaire pour véhicules lents	41
2.3.5 Détermination pratique du profil en long.....	43
2.3.6 Exemple de calcul de profil en long.....	44
2.4 PROFIL EN TRAVERS	47
2.4.1 Type de profil en travers	47
2.4.2 Les éléments de composition du profil en travers.....	47
2.4.3 Application au projet	48
2.5 CUBATURES	50
2.5.1 Méthode de calcul des cubatures.....	50
2.6 RESULTATS ET INTERPRETATIONS	52
2.7 CONCLUSION	52

Chapitre 3 : Dimensionnement de corps de chaussée

3.1 INTRODUCTION	53
3.2 LA CHAUSSEE	53
3.2.1 Définition	53
3.2.2 Les différents types de chaussée.....	54
3.2.3 Les différentes couches de chaussée	56
3.3 LES DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	57
3.3.1 Trafic	58
3.3.2 Environnement.....	58
3.3.3 Sol Support.....	58
3.3.4 Matériaux.....	56
3.4 LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT	59
3.4.1 Méthode C.B.R « California-Bearing-Ratio ».....	60
3.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	61
3.4.3 Méthode de catalogue des structures SETRA & LCPC (Logiciel ALIZÉ).....	64
3.5 APPLICATION AU PROJET	65
3.5.1 Méthode de l'indice CBR.....	65
3.5.2 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTP »....	67
3.5.3 Méthode de catalogue des structures SETRA et LCPC (Logiciel ALIZÉ)	69
3.6 CONCLUSION	71

Chapitre 4 : Aménagement de la chaussée

4.1 INTRODUCTION.....	72
4.2 ASSAINISSEMENT	72
4.2.1 Objectif d'assainissement	73
4.2.2 Assainissement de la chaussée	73
4.2.3 Étude Hydrologique.....	75
4.3 CARREFOURS.....	82
4.3.1 Types de carrefours.....	82
4.3.2 Principes généraux d'aménagements d'un carrefour	83
4.4 SIGNALISATION.....	84
4.4.1 Signalisation horizontale	84
4.4.2 Signalisation verticale.....	86
4.5 APPLICATION AU PROJET.....	87
4.5.1 Assainissement.....	87
4.5.2 Carrefour	90
4.5.3 Signalisation	92
4.6 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	93
4.7 CONCLUSION	93
CONCLUSION GÉNÉRALE	94
BIBLIOGRAPHIE	95
ANNEXE A	
ANNEXE B	

Introduction générale

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. À travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener à des études de modernisation et d'évitement.

Notre projet s'inscrit dans ce cadre d'étude ; il s'agit d'un évitement de la ville de Nedroma qui raccorde la route nationale RN99 avec le chemin de wilaya CW100 et croisera le CW38 sur un linéaire de trois Km. Ce projet est proposé par la direction des travaux publics de Tlemcen (DTP).

Le projet de réalisation de cette voie d'évitement du centre-ville a pour objectif global la réduction du trafic de véhicules au niveau du centre urbain, la fluidité du trafic routier et par conséquent le renforcement des capacités économiques et commerciales et le développement touristique de la région. Il rentre également dans le cadre du grand projet de la DTP visant au renforcement et de l'amélioration du trafic routier au niveau de la wilaya de Tlemcen en général et de la Daïra de Nedroma en particulier.

Notre travail consiste d'une part à trouver un tracé idéal tenant compte des contraintes liées à la topographie, le relief et la nature du terrain des zones traversées dans le but d'assurer le maximum de confort et de sécurité aux usagers tout en utilisant le logiciel Covadis et d'autre part à dimensionner la chaussée en utilisant des méthodes semi empirique tel que la méthode CBR et la méthode rationnelle servant du logiciel de dimensionnement Alizé-LCPC.

Chapitre 1

Présentation de projet et étude De trafic

Chapitre 1 : Présentation du projet et Étude du trafic

1.1 INTRODUCTION

Tlemcen la wilaya de l'art, d'histoire et de tourisme a connu la réalisation et la modernisation de plusieurs axes routiers dans ces dernières années.

La ville de Nedroma est l'une de ces grandes et anciennes villes, son endroit géographique et son caractère socio-économique lui oblige d'améliorer et renforcer son réseau routier.

Afin de réduire le taux du trafic de véhicules au niveau du centre urbain, d'améliorer la fluidité du trafic routier et par conséquent renforcer les capacités économiques et commerciales et le développement touristique de la région, la réalisation d'une nouvelle voie d'évitement du centre de la ville de Nedroma sera une solution indispensable.

1.2 PRÉSENTATION DU PROJET- VILLE DE NEDROMA

En ce qui suit, nous allons présenter la ville étudiée dans ce mémoire : la ville de « Nedroma » (Figure 1.1), de même le but de cette étude sera exposé.

Nedroma est une commune de la wilaya de Tlemcen en Algérie, située à proximité de la frontière marocaine, à environ 58 km au nord-ouest de Tlemcen. Elle est la capitale du massif des Trara , elle est une petite ville située sur le versant nord de la montagne du Fillaoussène.

Comme la plupart des villes de la wilaya de Tlemcen, Nedroma a vécu une véritable croissance démographique qui atteignait 32500 habitants en 2008 (DTP, 2015). Cette élévation a conduit à une croissance du taux de trafic et a engendré une insuffisance du réseau routier à satisfaire la circulation du trafic.

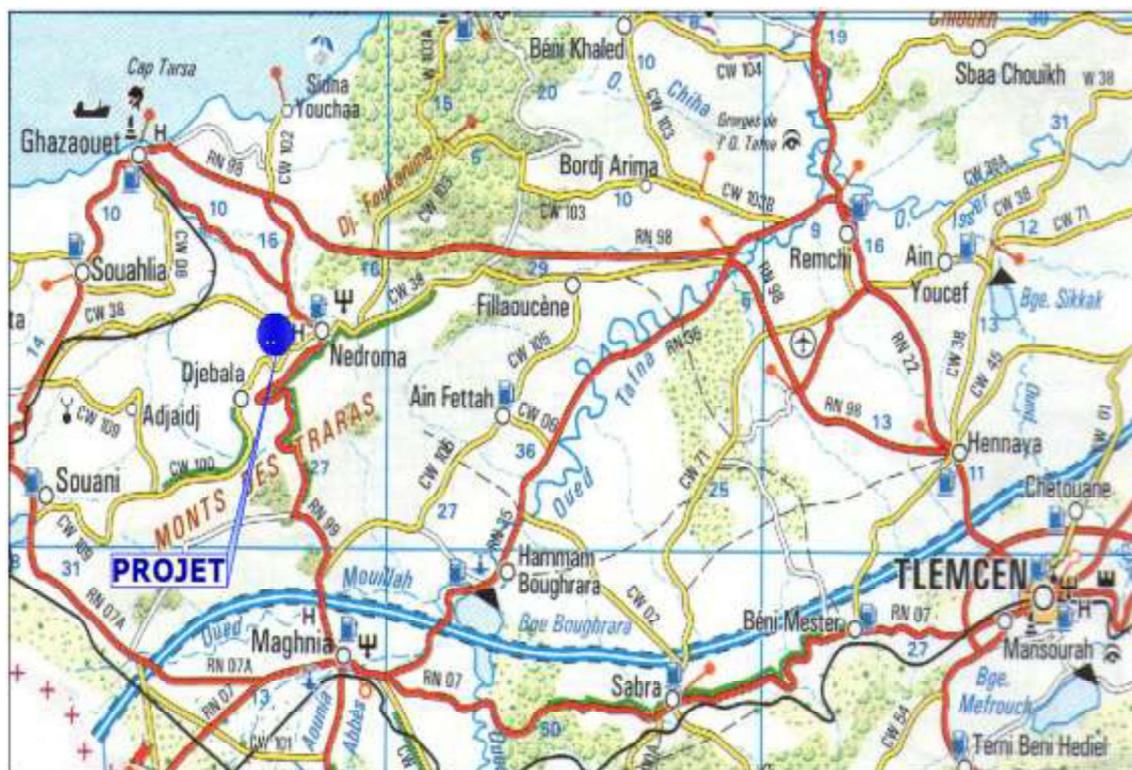


Figure 1.1 Cadre de Nedroma (DTP, 2015)

Le but d'un tel projet est d'alléger le flux de la circulation des véhicules au niveau de la ville de Nedroma. L'évitement sera raccordé au nord de la ville sur la route nationale RN 99, il aboutisse le chemin de wilaya CW100 au sud-ouest de la ville qui mène vers le chef-lieu de la commune de Djebala.

Ce projet croisera le CW 38 et contournera le quartier d'Ain Zebda en croisant la route menant à Zaouet El Yaagoubi tel qu'il est présenté sur la carte Google (figure 1.2).

La réalisation d'une déviation de la ville, sur la route nationale RN99 vers le CW100, va permettre :

1. De réduire le flux de véhicules au niveau du centre-ville.
2. D'éviter l'entrée en ville des véhicules de gros tonnage.
3. D'améliorer la fluidité du trafic routier sur la RN99.
4. D'améliorer la sécurité du trafic routier au niveau de la ville.



Figure 1.2 Situation géographique du projet (Google Earth, 2019)

1.3 ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE

L'environnement est par définition l'état actuel du relief, trois classes d'environnement (E1, E2, E3) ont été proposées dans le manuel d'études générales technique et économique des aménagements routier B40 (Normes Algérienne).

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

1. La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre : h/L
2. La sinuosité : ls/L

1.3.1 La dénivelée cumulée moyenne h/L

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

h : dénivelé cumulée.

L : la longueur de l'itinéraire.

Avec

$$h = h_1 + h_2 \tag{1.1}$$

$$h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i \times L_i \text{ et } h_2 = \sum_{P_i < 0} P_i \times L_i \tag{1.2}$$

$$\text{La dénivelée cumulée moyenne} = \frac{\sum h}{L} \tag{1.3}$$

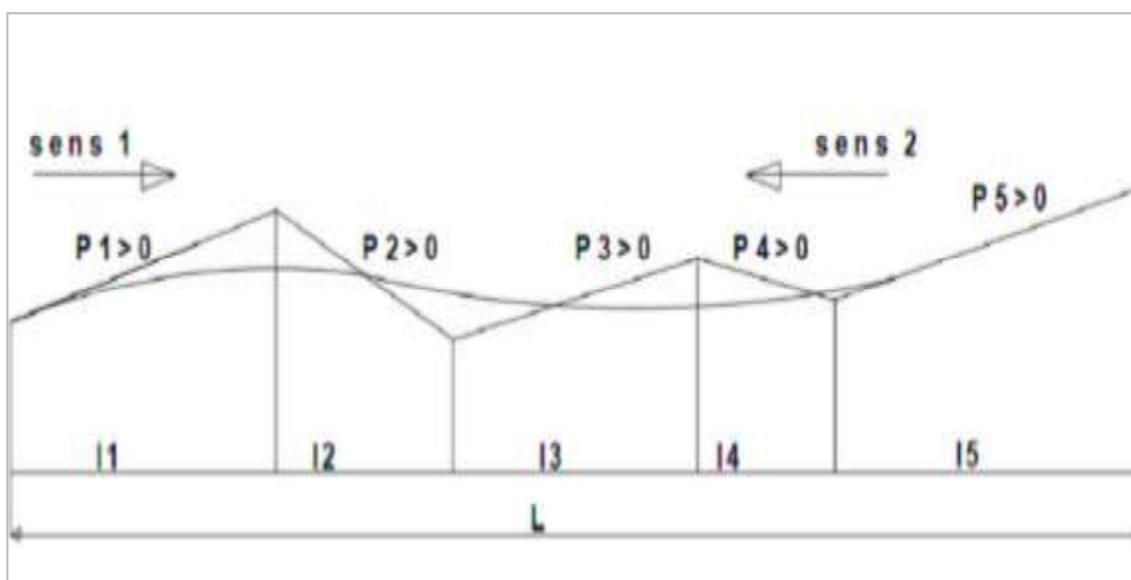


Figure 1.3 Dénivelée cumulée moyenne

Tableau 1.1 Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne (B40, 1977)

N°	Classification	La dénivelée cumulée moyenne
1	Terrain plat	$h/L \leq 1.5\%$
2	Terrain vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

1.3.2 Sinuosité I_s/L

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse I_s sur la longueur total L de l'itinéraire.

I_s : est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égal à 200 m :

$$I_s = \sum L_R (R \leq 200) \tag{1.4}$$

L_{AB} : Longueurs totales de l'itinéraire.

$$\sigma = \frac{\sum I_s}{L} \tag{1.5}$$

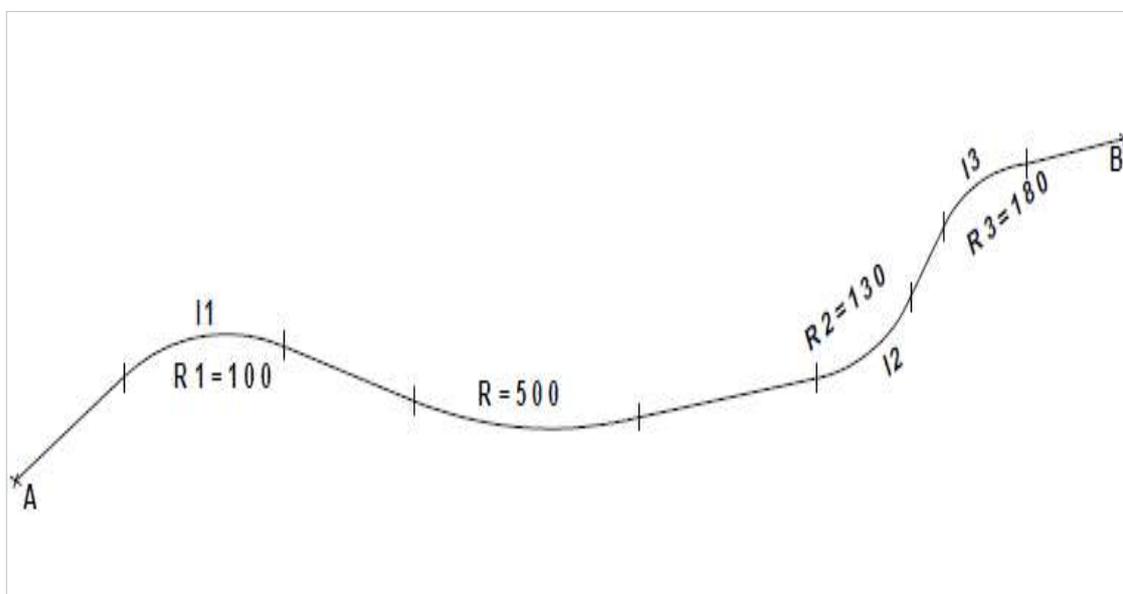


Figure 1.4 Sinuosité

Tableau 1.2 Classification de la sinuosité moyenne (B40, 1977)

N°	Classification	La sinuosité moyenne
1	Faible	$\sigma \leq 0.1$
2	Moyenne	$0.1 < \sigma \leq 0.3$
3	Forte	$0.3 < \sigma$

L'association de deux paramètres précédents (la sinuosité et la dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le tableau ci-dessous :

Tableau 1.3 Environnement en fonction du relief et de la sinuosité (B40, 1977)

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

1.4 CATÉGORIES DES ROUTES

Les routes Algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés (Figure 1.5) : (B40, 1977)

Catégorie 1 :

- Liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde (A).
- Liaisons assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation (B) sur ce réseau.

Catégorie 2 :

- Liaisons entre les centres d'industrie de transformations (B).
- Liaisons assurant le rabattement des pôles d'industrie légères diversifiées (C) sur le réseau précédent (Cat. 1).

Catégorie 3 :

- Liaisons entre les chefs-lieux de daïra et de wilaya (D) (W) non desservis par les réseaux précédents, avec le réseau de Catégories 1 et 2.

Catégorie 4 :

- Liaisons entre les centres de vie (E) avec le réseau catégories 1 à 3.

Catégorie 5 :

- Route et piste non comprise dans les catégories précédentes.

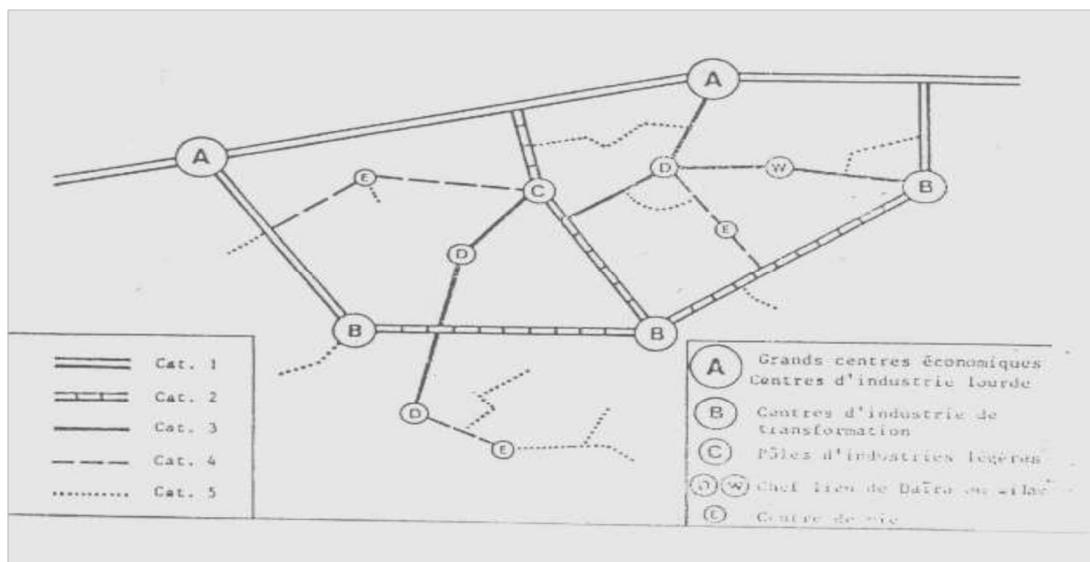


Figure 1.5 Catégories des routes selon la norme Algérienne B40

La conception de ces différentes catégories de route peut être affectée par des facteurs tels que :

- Le volume de circulation.
- Les types de véhicules.
- La composition du flot de véhicules.
- Les piétons.
- La vitesse.
- La sécurité.
- Le type de sol.
- L'utilisation du sol environnant.
- Le climat.
- L'esthétique.
- Les facteurs sociologiques.

1.5 ÉTUDE DE TRAFIC

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds). Elle influencera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées (SETRA, 1992).

Dans ce cas on peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers qui est nécessaires pour :

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

1.5.1 Différents types de trafic

On distingue quatre types de trafic : (SETRA, 1992)

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic normal et du trafic dévié.

1.5.2 Méthode et mode de mesure du trafic

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés tels que : (SETRA, 1992)

- Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

1.5.2.1 Le comptage

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, dont il comprend deux procédés de mesure :

1 Le comptage manuel

Il est réalisé par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Il permet de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs.

2 Le comptage automatique

On distingue celui qui est permanent et celui qui est temporaire :

- **Le comptage permanent** : il est réalisé en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes.
- **Le comptage temporaire** : s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense.

1.5.2.2 Les enquêtes

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux.

Il existe plusieurs types d'enquêtes :

1 Les enquêtes simplifiées

- Enquête par relevé de plaques minéralogiques.
- Enquêtes par distribution de cartes.
- Enquêtes par collage de papillons.

2 Les enquêtes complètes

- Enquêtes par interview le long des routes.
- Enquêtes par interview à domicile ou enquêtes postale.

1.5.3 Calcul de la capacité

On définit la capacité de la route par le nombre maximum des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée (B40, 1977).

La capacité s'exprime sous forme d'un débit et dépend :

- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des conditions météorologiques.
- Des caractéristiques géométriques de la route.

1.5.3.1 Projection future du trafic

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est : (B40, 1977)

$$TJMA_h = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n \quad (1.6)$$

$TJMA_h$: 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 (%).

1.5.3.2 Calcul du trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule particulier (UVP), il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \times TMJA_h \quad (1.7)$$

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence qui dépend des nombres de voies et de l'environnement.

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

Tableau 1.4 Coefficient d'équivalence P (B40, 1977)

Environnement	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

1.5.3.3 Débit 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 : (B40 1977)

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff} \quad (1.8)$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, (en général n=8 heures).

T_{eff} : trafic effectif.

1.5.3.4 Débit horaire admissible

Débit horaire maximal accepté par voie, compte tenu du niveau de service visé

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad (1.9)$$

Tel que :

C_{th} : La capacité théorique.

K₁ : Coefficient qui dépend de l'environnement

K₂ : Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau 1.5 Coefficient lié à l'environnement K_1 (B40, 1977)

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.90 0 0.95

Tableau 1.6 Coefficient lié à l'environnement K_2 (B40, 1977)

E/C	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.9	0.96

Tableau 1.7 Les capacités théoriques C_{th} (B40, 1977)

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

1.5.3.5 Nombre de voie de profil en travers

1. Cas de chaussée bidirectionnelle :

$$n = \frac{Q}{Q_{adm}} \quad (1.10)$$

2. Cas de chaussée unidirectionnelle :

$$n = s \times \frac{Q}{Q_{adm}} \quad (1.11)$$

n : nombre de voie de profile en travers.

S : étant un coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en générale égale à $2/3$.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

$$\text{Avec : } Q \leq Q_{adm} \quad (1.12)$$

1.6 LOGICIEL UTILISÉ DANS NOTRE ETUDE

Dans l'étude de notre projet, on a utilisé le logiciel COVADIS 2008 qu'il s'agit d'un applicatif de topographie, de terrassement et d'infrastructure VRD dédié aux géomètres, aux bureaux d'études, aux entreprises de BTP et aux collectivités. Il permet de traiter un projet routier de sa phase initiale à sa phase finale (GEOMEDIA, 2019).

Ce programme nous a permis de faire le tracé en plan de notre route et le profil en long ainsi les profils en travers types et courants et les cubatures précise.

1.7 APPLICATION AU PROJET

En ce qui suit, nous allons calculer la dénivelée et la sinuosité et ceci en vue de faire un choix pour l'environnement et le trafic.

1.7.1 Choix de l'environnement

Pour le choix de l'environnement, nous allons calculer les paramètres suivants selon le logiciel COVADIS 2008.

1.7.1.1 Détermination de la Dénivelée Cumulée moyenne

Le tracé que nous avons effectué donne d'après les formules (1.1 ; 1.2 ; 1.3) :

$$h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i \times L_i = (5.81 \times 336.16) + (1.87 \times 217.15) + (2.96 \times 198.02) + (4.73 \times 303.32) + (5.59 \times 350.19) + (2.29 \times 345.15) + (9.50 \times 565.79) + (9.67 \times 709.06) = 193.59 \text{ m}$$

$$h_2 = \sum_{P_i < 0} P_i \times L_i = 0$$

$$h = h_1 + h_2 = 193.59 + 0 = 193.59 \text{ m}$$

$$\frac{\sum h}{L} = \frac{193.59}{3024.85} \approx 0.063 = 6.3 \%$$

C'est-à-dire : $\frac{h}{L} = 6.3 \% \geq 4\% \Rightarrow$ donc selon le B40 \Rightarrow **Le terrain est montagneux.**

1.7.1.2 Détermination de la sinuosité

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon $> 200 \text{ m}$.

Alors d'après la formule (1.4) : $ls = 0 \text{ m}$

Donc :

$$\sigma = \frac{\sum ls}{L} = \frac{0}{3024.85} = 0$$

C'est-à-dire : $\sigma = 0 \leq 0.1 \Rightarrow$ donc selon le B40 \Rightarrow **La sinuosité est faible.**

1.7.1.3 Type d'environnement

Puisqu'on a trouvé que le terrain montagneux et la sinuosité faible, alors, d'après le (Tableau 1.3), le type d'environnement est E3.

1.7.1.4 Type de catégorie

Notre route est comprise dans la catégorie 3 puisqu'elle relie entre les chefs-lieux de daïra et de wilaya, elle relie le CW38 avec CW100.

1.7.2 Le Trafic

1.7.2.1 Les données de trafic

D'après la DTP, les données suivantes ont été utilisées afin de calculer notre propre trafic.

- Le trafic à l'année 2014 TJMA₂₀₁₄ = 3444 v/J
- Taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 6\%$
- Le pourcentage de poids lourds Z = 20%
- Celle-ci est mise en service à l'année 2016
- La durée de vie de la route 20 ans
- Environnement E3
- Catégorie C3

1.7.2.2 La projection future de trafic

D'après la formule (1.6), le calcul du trafic se fera pour notre cas d'étude :

1 Trafic à l'année de mise en service 2016 :

$$TJMA_{2016} = TJMA_{2014} \times (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2016} = 3444 \times (1 + 0.06)^2$$

$$TJMA_{2016} = 3870 \text{ v/j}$$

2 Trafic à l'année horizon 2036 :

$$TJMA_{2036} = TJMA_{2016} \times (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_{2036} = 3870 \times (1 + 0.06)^{20}$$

$$TJMA_{2036} = 12412 \text{ v/j}$$

1.7.2.3 Calcul de trafic effectif

Une application grâce à la formule (1.7) et en usant du tableau (1.4) pour le choix de P (P = 12) a donné les résultats suivants :

1 Trafic effectif à l'année de mise en service 2016 :

$$T_{\text{eff}2016} = [(1 - 0.2) + 12 \times 0.2] \times 3870$$

$$T_{\text{eff}2016} = 12384 \text{ uvp/j}$$

2 Trafic effectif à l'année horizon 2036 :

$$T_{\text{eff}2036} = [(1 - 0.2) + 12 \times 0.2] \times 12412$$

$$T_{\text{eff}2036} = 39718.4 \text{ v/j}$$

1.7.2.4 Débit de pointe horaire normal

D'après la formule (1.8), le calcul du débit de pointe horaire se fait selon les calculs suivants :

1 Débit à l'année de mise en service 2016

$$Q_{2016} = 0.12 \times 12384$$

$$Q_{2016} = 1486.08 \text{ uvp/h}$$

2 Débit à l'année horizon 2036

$$Q_{2036} = 0.12 \times 39718.4$$

$$Q_{2036} = 4766.20 \text{ uvp/h}$$

1.7.2.5 Calcul de la capacité théorique

Le calcul de la capacité théorique est déterminé à partir de la relation suivante :

$$Q \leq Q_{\text{adm}} = K1.K2.Cth.$$

$$\Rightarrow Cth = Q / (K1 \times K2).$$

Q : Débit de l'année de mise en service.

$$C_{th} \geq 1486.08 / (0.95 \times 0.97)$$

$$\text{Donc } C_{th} \geq 1613 \text{ uvp/h}$$

Pour notre cas, on a obtenu la capacité théorique en usant du tableau (1.7) :

$$1500 < C_{th} = 1613 \text{ uvp/h} < 2000.$$

1.7.2.6 Débit admissible

D'après la formule (1.9) et les tableaux (1.5, 1.6, 1.7) on a :

$$\text{Catégorie C}_3 \quad \Rightarrow \quad K_1=0.95$$

$$\text{Environnement E}_3 \quad \Rightarrow \quad K_2=0.97$$

$$\text{On prend : } C_{th} = 2000 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$Q_{adm} = 0.95 \times 0.97 \times 2000$$

$$Q_{adm} = 1843 \text{ uvp/h}$$

1.7.2.7 Nombre de voie de profil en travers

D'après la formule (1.10), on calcule le nombre de voie :

$$n = \frac{Q}{Q_{adm}} = \frac{4766.2}{1843} = 2.48$$

Donc : **$n = 2$ voies.**

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1.8 Récapitulatif des résultats de trafic

TMJA ₂₀₁₆	TMJA ₂₀₃₆	Teff ₂₀₃₆	Q ₂₀₃₆	n
3870 v/j	12412 v/j.	39718.4 v/j.	4766.2	2

1.8 CONCLUSION

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

Chaussée bidirectionnelle de 2 voies de **3,50 m** est un accotement de **1.50 m** de chaque côté.

Donc la largeur de la route est de **$l = 7 m$** d'après le B40.

Chapitre 2
Géométrie routière

Chapitre 2 : Géométrie Routière

2.1 INTRODUCTION

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

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

1. Tracé de son axe en situation ou en plan.
2. Tracé cette axe en élévation ou profil en long.
3. Profil en travers.

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons passer en revue ces trois paramètres afin de donner, grâce à des applications, la géométrie de notre route, des définitions sur la cubature serait exposée en parallèle.

2.2 TRACÉ EN PLAN

Le tracé en plan représente la reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal (B40, 1977).

Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliées entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Le tracé est caractérisé par une vitesse de référence à partir de laquelle on pourra déterminer où définir toutes caractéristiques géométriques de la route, le tracé en plan doit être étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir.

2.2.1 Règles du tracé en plan

Pour obtenir un bon tracé dans les normes, nous devons respecter les règles suivantes : (B40, 1977)

- Éviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géotechniques.
- Adapter le tracé afin d'éviter les terrassements importants.
- Dans le cas des terrains plat, l'axe sera placé le plus près possibles des points hauts de façon à utiliser les possibilités de drainage naturel
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du B40 si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

2.2.2 Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de clothoïde qui assure un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route (B40, 1977).

Un tracé en plan est constitué par (Voir figure 2.1) :

- Des alignements droits.
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives

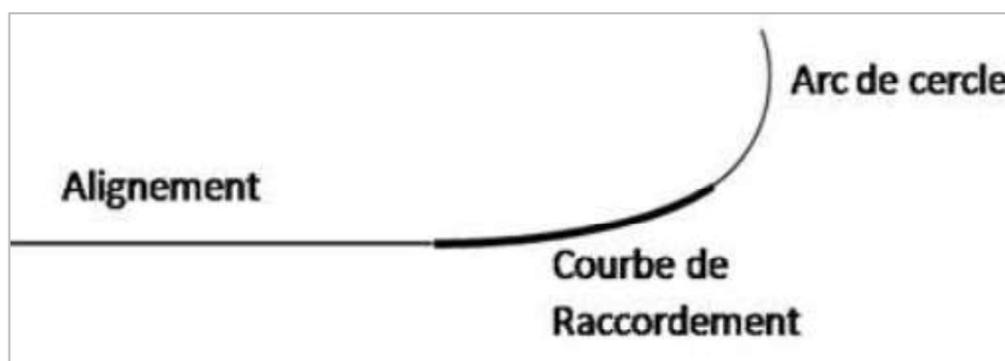


Figure 2.1 Les éléments du tracé en plan (LCPC,1994)

2.2.2.1 Les alignements

Une longueur minimale d'alignement L_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le Plus grand rayon des deux arcs de cercles (B40, 1977).

1 Longueur minimale

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation.

Avec : (V_r : vitesse de référence en (m/s) et T = 5 s)

$$L_{\min} = T \times V_r \qquad L_{\min} = 5 \times V_r \qquad (2.1)$$

2 Longueur maximale

Pour réduire les effets de la monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale L_{\max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s).

Avec : (V_r : vitesse de référence en (m/s) et T= 60 s)

$$L_{\max} = T \times V_r \qquad L_{\max} = 60 \times V_r \qquad (2.2)$$

La longueur des alignements dépend de :

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

2.2.2.2 Arcs de cercle

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

1 Stabilité en courbe

Un véhicule subit une instabilité à l'effet d'une force centrifuge dans le cas d'un virage, et afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, et pour éviter l'effet de dérapage sous l'action du freinage on fait de forte inclinaison et on augmente les rayons dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers), ce qui implique un rayon minimal.

Les rayons en plans dépendent des facteurs suivants :

- Force centrifuge F_c .
- Poids de véhicule P .
- Accélération de la pesanteur G .
- Devers d .

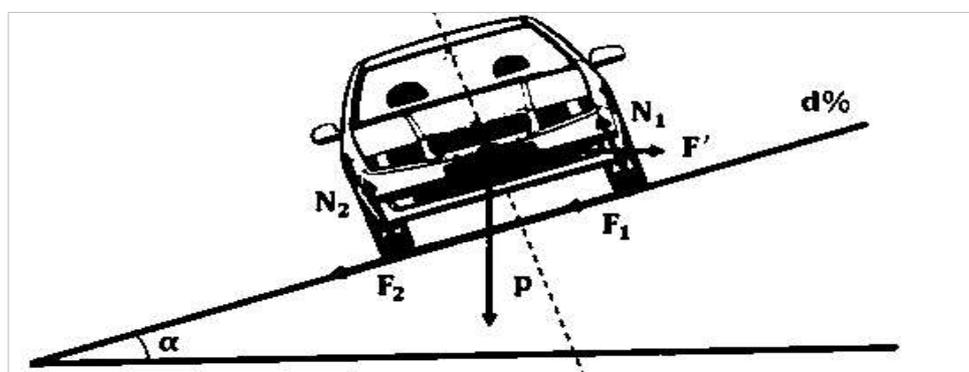


Figure 2.2 Force centrifuge

a. Rayon horizontal minimal absolu (R_{Hm})

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal : (B40, 1977)

$$R_{Hm} = \frac{Vr^2}{127(ft + d_{max})} \quad (2.3)$$

Avec : f_t : coefficient de frottement transversal.

b. Rayon minimal normal (R_{HN})

Le rayon minimal normal (R_{HN}) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 Km/h de roulés en sécurité.

$$R_{HN} = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + d_{max})} \quad (2.4)$$

c. Rayon au dévers minimal (R_{Hd})

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 V_r serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$\left\{ \begin{array}{l} d_{min} = 2.5\% \quad \text{en catégorie 1 et 2} \\ d_{min} = 3\% \quad \text{en catégorie 3,4 et 5} \end{array} \right.$$

$$R_{Hd} = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad (2.5)$$

d. Rayon minimal non déversé (R_{Hnd})

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon minimum qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé (R_{Hnd}) (B40 1977).

Pour les catégories : 1 et 2 :

$$R_{Hnd} = \frac{Vr^2}{127 \times 0.035} \quad (2.6)$$

Pour les catégories 3,4 et 5 :

$$R_{Hnd} = \frac{Vr^2}{127(f'' - d_{min})} \quad (2.7)$$

Avec : $f'' = 0.07 \Rightarrow$ Catégories 3 et $f'' = 0.075 \Rightarrow$ Catégories 4 et 5

2 Sur largeur

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Sur largeur généralement portée par moitié de part et d'autre de l'axe de la route et constante sur toute la longueur de la courbe. Elle sera introduite progressivement en même temps que le dévers (B40, 1977).

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R} \quad (2.8)$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10 m) et R : rayon de l'axe de la route ≤ 250 m.

2.2.2.3 Courbe de raccordement CR

Les courbes de raccordements sont des courbes progressives qui raccordent un alignement droit à une courbe circulaire dont ils permettent : (B40, 1977)

- D'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle.
- De donner du confort et de sécurité,
- D'avoir un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

1 Types de courbe de raccordement

Trois courbes mathématiques peuvent présenter le rôle de la courbe de raccordement :

- La parabole cubique.
- La lemniscate.
- La clothoïde

a. Parabole cubique

Cette courbe est un emploi limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemins de fer).

b. Lemniscate

Courbe utilisé pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion.

c. Clothoïde

C'est La courbe de raccordement la plus utilisée grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

d. Expression mathématique de la Clothoïde

$$R = \frac{C}{S} \text{ [m]}$$

R : rayon de la courbure et S : longueur de l'arc et C : constante.

• **Détermination de la constante C.**

Si on appelle L la longueur de raccordement on a :

Au point A : $S = 0 \Rightarrow R = C/0 = \infty$

Au point B : $S = L \Rightarrow R = C/L$ d'où

$$C = R \times L$$

R et L : constante $\Rightarrow R \times L = \text{constante}$

R et L : nbre positifs $\Rightarrow R \times L > 0$

R et L : est une expression carrée. La constante C peut s'exprimer en carré A^2 .

D'où la formule suivante :

$$R = \frac{A^2}{L} \Rightarrow R \times L = A^2 \tag{2.9}$$

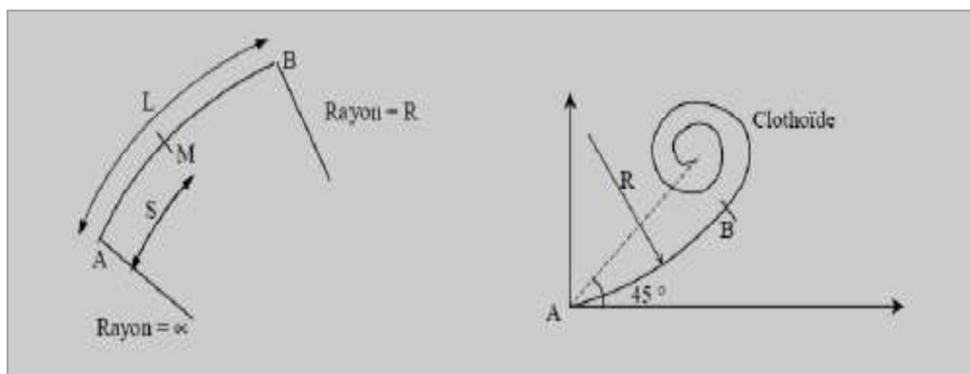


Figure 2.3 Détermination de paramètre de la clothoïde

Pour une clothoïde déterminée, la valeur A , qui reste constante s'appelle le paramètre de la clothoïde, si on change le paramètre A nous changeons la taille de la clothoïde.

Les éléments de la clothoïde sont :

R : Rayon du cercle.	X_m : Abscisse du centre du cercle.
τ : Angle des tangentes.	X : Abscisse de KE.
σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente).	KE : Extrémité de la clothoïde.
SL : Corde (KA – KE).	KA : Origine de la clothoïde.
L : Longueur de la branche de la clothoïde.	A : Paramètre de la clothoïde.
M : Centre de cercle.	Y : Origine de KE.
	t : Tangente courte.

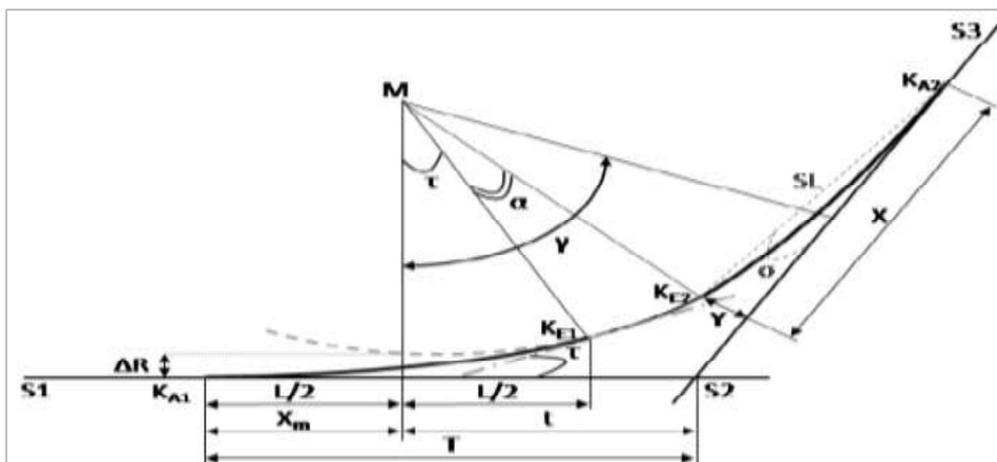


Figure 2.4 Élément de la clothoïde

2 Les conditions de raccordement

Les raccordements à courbure progressive entre deux courbes circulaires ou une courbe circulaire et un alignement droit, doivent satisfaire à trois familles de contraintes : optiques, dynamiques et de gauchissements.

a. Condition optique

Cette condition a pour objet d'assurer une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure de tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible (B40, 1977).

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad (2.10)$$

$$\text{Pour } R < 1500 \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 1\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_o = \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad (2.11)$$

$$\text{Pour } 1500 < R < 5000 \quad \Rightarrow \quad L_o \geq \frac{R}{9} \quad (2.12)$$

$$\text{Pour } R < 5000 \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 2.5 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad L_o = 7.75\sqrt{R} \quad (2.13)$$

b. Condition de confort dynamique

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation par unité de temps de l'accélération transversale (B40, 1977).

$$L_d = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \quad (2.14)$$

V_r : vitesse de référence en (km/h)

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers ($\Delta d = d - d_{\min}$) (%)

c. Condition de gauchissement

Elle se traduit par la limitation de la pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée par rapport à celle de son axe, et elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers Δd %.

$$L_g \geq l \times \Delta d \times V_r \quad (2.15)$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers

Donc :

$$L = \max[L_o; L_d; L_g] \quad (2.16)$$

3 Dévers

Le dévers est par définition l'inclinaison transversale de la route (B40, 1977).

Il y'a deux types de dévers :

- Dévers en alignement.
- Dévers en courbe.

a. Dévers en alignement

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à : $d_{\min} = 2.5 \%$.

Ce dévers ne sera prévu que si la chaussée doit être exécutée dans des bonnes conditions.

b. Dévers en courbe

En courbe le dévers permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

Le dévers minimal nécessaire à l'écoulement des eaux en courbe est identique à celui préconisé en alignement droit.

Le dévers maximal admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilités des véhicules lents ou à l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

N.B : En courbe la valeur du dévers dépend de la valeur du rayon en plan.

Pour la norme Algérienne les valeurs de dévers maximal sont :

Tableau 2.1 Les valeurs de dévers préconisés pour l'Algérie (B40, 1977)

C \ E	E1	E2	E3
Catégorie (1-2)	7 %	7 %	7 %
Catégorie (3-4)	8 %	8 %	7 %
Catégorie (5)	9 %	9 %	9 %

2.2.3 Calcul d'axe

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe est un cas élémentaire de de clothoïde raccordant un alignement à un arc de cercle et il consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul de gisements.
- Calcul de l'angle β entre alignements.
- Calcul de la tangente **T**.
- Calcul de la corde **SL**.
- Calcul de l'angle polaire σ .
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- Calcul de kilométrage des points particulier

2.2.4 Choix de variantes

On a proposé deux variantes (Figure 2.5) qui déroutes au niveau de la sortie de l'agglomération de Khouriba sur la RN99, on aboutissants tous les deux au CW 100. Ces variantes s'appuient sur la prise en charge des différentes contraintes sur terrain D'autre part sur les normes liées à la catégorie de la route.

Le tableau ci-dessous indique la longueur des deux variantes et leurs cubatures pour une comparaison afin de faire un choix adéquat de tracé :

Tableau 2.2 Tableau comparatif des variantes

	Longueur (m)	Observation	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)
V1	3 025.00	Nouveau tracé	155252.356	121412.809
V2	3850.00	Nouveau tracé	63 067.11	275 095.91

a. Interprétation du choix

Apparemment dans la variante 02 le volume de remblais est très grand par rapport aux déblais alors, nous serions tentés de recommander au maître d'ouvrage la variante 01. Cette proposition semble mieux par rapport aux volumes de déblais / remblais et aussi par rapport à la longueur de tracé.



Figure 2.5 Couloir des variantes étudiées

2.2.5 Exemple de calcul pour notre projet

Adaptant les formules citées en dessus de notre projet qui sont de source de normes Algériens (B40, 1977), et sachant que notre projet se caractérise par :

- Son environnement (E3)
- Sa catégorie (C3)
- Sa vitesse de référence ($V_r = 80 \text{ km/h}$)

Nous avons obtenu les résultats regroupés dans les tableaux (2.3 et 2.4) d’après le (B40, 1977).

Tableau 2.3 Rayon en plan et dévers associés

Paramètre	Symboles	Valeurs
Rayon horizontal minimal (m)	$R_{Hm} (7\%)$	230
Rayon horizontal normal (m)	$R_{HN} (5\%)$	400
Rayon horizontal déversé (m)	$R_{Hd} (3\%)$	800
Rayon horizontal non déversé (m)	$R_{Hnd} (-3\%)$	1200

Tableau 2.4 Les paramètres fondamentaux de notre route (C3, E3)

Paramètre	Unité	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence	Km/h	V_r	80
Vitesse de poids lourds	Km/h	V_{PL}	25
Longueurs minimale	m	L_{min}	111.11
Longueur maximale	m	L_{max}	1333.33
Dévers minimal	%	d_{min}	3
Dévers maximal	%	d_{max}	7
Temps de perception-réaction	s	t_1	1.8
Frottement longitudinal	-	f_L	0.43
Frottement transversal	-	f_t	0.15
Distance de freinage	m	d_o	59
Distance d'arrêt	m	d_1	99
Distance de visibilité de dépassement minimale	m	d_m	325
Distance de visibilité de dépassement normale	m	d_n	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	m	d_{Md}	200

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

La liaison que l'on a choisie se situe au début de notre projet.

Le rayon utilisé est comme suit : $R = 350$ m avec un dévers de ($d = 5.58$ %).

Et les coordonnées (X, Y) de trois points de tracé sont retirées par le logiciel Covadis 2008.

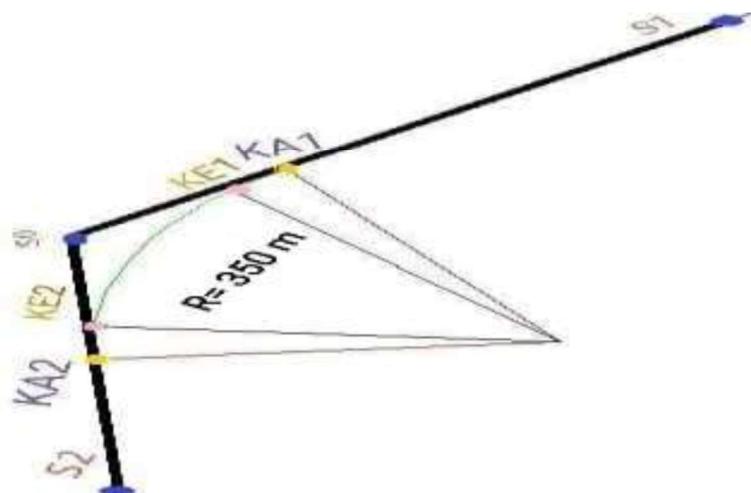


Figure 2.6 Exemple de calcul d'un tracé en plan

Tableau 2.5 Les coordonnées du tracé en plan pour notre exemple

Point	X(m)	Y(m)
S1	612795.28	3876342.37
S0	612262.62	3875956.49
S2	612296.92	3875521.32

1 Détermination de A

On sait que : $A^2 = L \times R$

Selon le B40 on a : $R < RH_{nd}$

$$R = 350 \text{ m} < 1200 \text{ m}$$

D'après la formule (2.10), on peut déterminer l'intervalle de paramètre A :

$$350/3 < A < 350$$

$$116.66 \text{ m} < A < 350 \text{ m}$$

2 Détermination de la longueur de clothoïde L

On va calculer les trois conditions pour la détermination de la longueur de clothoïde L :

a. Condition optique

Puisque le rayon $R = 350 \text{ m} < 1500 \text{ m}$ alors on fait les calculs d'après la formule (2.11).

$$L_0 = \sqrt{24 \times 350 \times 1}$$

$$L_0 = 91.65 \text{ m}$$

b. Condition de confort dynamique

D'après la formule (2.14), on fait les calculs suivants avec :

$$\Delta d = d - d_{\min} \%$$

$$\Delta d = 5.58 \% - (-3)\% = 8.58 \%$$

D'où $d = 5.58 \%$: le dévers du rayon choisi et $d_{\min} = -3 \%$: le dévers minimal selon le (Tableau 2.1).

$$L_d = \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 350} - 0.0858 \right)$$

$$L_d = 20.68 \text{ m}$$

c. Condition de gauchissement

D'après la formule (2.15), on fait les calculs suivants avec :

$$l = 7 \text{ (La Largeur de la route trouvée dans le chapitre 1)}$$

$$L_g \geq 7 \times 0.0858 \times 80$$

$$L_g = 48.04 \text{ m}$$

D'après les résultats que nous avons trouvés on choisit la longueur de la clothoïde avec la formule (2.16) :

$$L = \max[91.65 ; 20.68 ; 48.04] \quad \Rightarrow \quad L = 91.65 \text{ m}$$

Donc le paramètre A est le suivant d'après la formule (2.9) :

$$A = \sqrt{350 \times 91.65}$$

$$\text{On prend : } A = 179.10 \text{ m}$$

3 Calcul de l'angle τ

L'angle τ est défini par la formule suivante :

$$\tau = \frac{A^2}{2 \times R^2} = \frac{179.1^2}{2 \times 350^2} \quad \Rightarrow \quad \tau = 0.13 \text{ rad} \quad \text{et} \quad \tau = 8.28 \text{ grad}$$

4 Calcul des gisements

La relation suivante permet de calculer le gisement :

$$g = \text{arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

Sauf des cas exceptionnels qui sont comme suit :

$$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \quad \Rightarrow \quad G = g$$

$$(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \quad \Rightarrow \quad G = 200-g$$

$$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0) \quad \Rightarrow \quad G = 200+g$$

$$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \quad \Rightarrow \quad G = 400-g$$

Alors les calculs sont les suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X_1 = X_{S_0} - X_{S_1} = 612262.62 - 612795.28 = -532.66 \text{ m} \\ \Delta Y_1 = Y_{S_0} - Y_{S_1} = 3875956.49 - 3876342.37 = -385.88 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X_2 = X_{S_0} - X_{S_2} = 612262.62 - 612296.92 = -34.3 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_{S_0} - Y_{S_2} = 3875956.5 - 3875521.31 = 435.19 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X_2 = X_{S_0} - X_{S_2} = 612262.62 - 612296.92 = -34.3 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_{S_0} - Y_{S_2} = 3875956.5 - 3875521.31 = 435.19 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X_2 = X_{S_0} - X_{S_2} = 612262.62 - 612296.92 = -34.3 \text{ m} \\ \Delta Y_2 = Y_{S_0} - Y_{S_2} = 3875956.5 - 3875521.31 = 435.19 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} G_{S_0}^{S_1} = 200 + \arctg \frac{\Delta X_1}{\Delta Y_1} = 200 + \arctg \frac{-532.66}{-385.88} \\ G_{S_0}^{S_1} = 260.1 \text{ grad} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} G_{S_0}^{S_2} = 400 - \arctg \frac{\Delta X_2}{\Delta Y_2} = 400 - \arctg \frac{34.30}{-435.19} \\ G_{S_0}^{S_2} = 395 \text{ grad} \end{array} \right.$$

5 Calcul des distances

Pour le calcul des distances on utilise la formule suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(-532.66)^2 + (-385.88)^2} \\ \overline{S_1 S_0} = 657.74 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{S_2 S_0} = \sqrt{(\Delta X_2)^2 + (\Delta Y_2)^2} = \sqrt{(-34.3)^2 + (435.19)^2} \\ \overline{S_2 S_0} = 436.53 \text{ m} \end{array} \right.$$

6 Calcul de l'angle β

Cet angle est déterminé à partir des gisements calculés précédemment par la formule suivante :

$$\beta = |G_{S_0}^{S_2} - G_{S_0}^{S_1}| = |395 - 260.1| \quad \Rightarrow \quad \beta = 134.9 \text{ grad}$$

7 Calcul de l'arc γ

L'arc γ est calculé par la formule suivante :

$$\frac{\gamma}{2} + \frac{\beta}{2} + 100 = 200 \quad \rightarrow \quad \frac{\gamma}{2} + \frac{134.9}{2} + 100 = 200$$

$$\frac{\gamma}{2} = 32.55 \text{ grade} \quad \text{et} \quad \gamma = 65.1 \text{ grade} = 1.02 \text{ rad}$$

8 Longueur de l'arc L_{ARC}

Cette longueur est calculée à partir de rayon choisi et l'arc calculé précédemment avec la formule :

$$L_{arc} = R \times \gamma = 350 \times 1.02 \quad \Rightarrow \quad L_{arc} = 357 \text{ m}$$

9 Calcul de la tangente T

La tangente T est calculée par la formule suivante :

$$T = R \times \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 350 \times \tan(32.55) \quad \Rightarrow \quad T = 196.4 \text{ m}$$

10 Abscisse de KE

Le calcul de l'abscisse de KE est fait par la formule suivante :

$$X = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2}\right) = 91.65 \times \left(1 - \frac{91.65^2}{40 \times 350^2}\right) \quad \Rightarrow \quad X = 91.5 \text{ m}$$

11 Origine de KE

$$Y = \frac{L^2}{6 \times R} = \frac{91.65^2}{6 \times 350} \quad \Rightarrow \quad Y = 4 \text{ m}$$

12 Calcul des coordonnées SL

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{91.5^2 + 3.99^2} \quad \Rightarrow \quad SL = 91.58 \text{ m}$$

13 Calcul de σ

L'angle polaire σ est calculé par la formule suivante :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) = \arctg\left(\frac{3.99}{91.5}\right) \quad \Rightarrow \quad \sigma = 2.77 \text{ grad}$$

14 Calcul de l'abscisse du centre du cercle X_m

L'abscisse X_m est calculée à partir de paramètre A et le rayon choisi par la formule suivante :

$$X_m = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2} = \frac{91.65}{2} \quad \Rightarrow \quad X_m = 45.82 \text{ m}$$

15 Calcul des coordonnées des points singuliers

Les coordonnées des points singuliers sont calculées par les relations mathématiques suivantes :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{s1} + (\overline{S_1 S_0} - T) \cos(G_{s0}^{s1} - 100) \\ X_{KA1} = 612795.28 + (657.74 - 196.4) \cos(260.1 - 100) \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 612421.62 \text{ m}$$

$$\begin{cases} Y_{KA1} = Y_{s1} - (\overline{S_1 S_0} - T) \sin(G_{s0}^{s1} - 100) \\ Y_{KA1} = 3876342.37 - (657.74 - 196.4) \sin(260.1 - 100) \end{cases}$$

$$Y_{KA1} = 3876071.78 \text{ m}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{s2} - (\overline{S_2 S_0} - T) \cos(300 - G_{s0}^{s2}) \\ X_{KA2} = 612296.92 - (436.53 - 196.4) \cos(300 - 395) \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 612278.07 \text{ m}$$

$$\begin{cases} Y_{KA2} = Y_{s2} - (\overline{S_2 S_0} - T) \sin(300 - G_{s0}^{s2}) \\ Y_{KA2} = 3875521.31 - (436.53 - 196.4) \sin(300 - 395) \end{cases}$$

$$Y_{KA2} = 3875760.7 \text{ m}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \cos(G_{s0}^{s1} - 100 + \sigma) \\ X_{KE1} = 612421.62 + 91.58 \cos(260.1 - 100 + 2.77) \end{cases}$$

$$X_{KE1} = 612345.17 \text{ m}$$

$$\begin{cases} Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \sin(G_{s0}^{s1} - 100 + \sigma) \\ Y_{KE1} = 3876071.78 + 91.58 \sin(260.1 - 100 + 2.77) \end{cases}$$

$$Y_{KE1} = 3876122.21 \text{ m}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \cos(300 - G_{s0}^{s2} + \sigma) \\ X_{KE2} = 612278.07 - 91.58 \cos(300 - 395 + 2.77) \end{cases}$$

$$X_{KE2} = 612266.92 \text{ m}$$

$$\begin{cases} Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \sin(300 - G_{s0}^{s2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = 3875760.7 - 91.58 \sin(300 - 395 + 2.77) \end{cases}$$

$$Y_{KE2} = 3875851.59 \text{ m}$$

Tableau 2.6 Récapitulatif des résultats calculés du tracé en plan

Coordonnées	K _{A1}	K _{A2}	K _{E1}	K _{E2}
X (m)	612421.62	612278.07	612345.17	612266.92
Y (m)	3876071.78	3875760.7	3876122.21	3875851.59

2.3 PROFIL EN LONG

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé, il est composé d'éléments rectilignes successifs caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe) et des raccordements circulaires (ou parabolique) par leur Rayon.

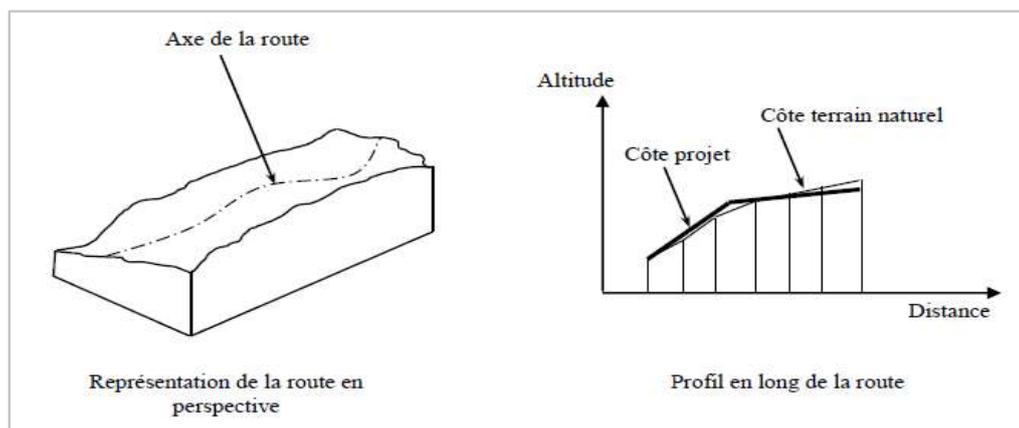


Figure 2.7 Présentation du profil en long

2.3.1 Règles à respecter dans : La ligne rouge- Le tracé du profil en long

La ligne rouge se définit comme étant les altitudes de l'axe de la chaussée, elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la stabilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales (B40, 1977).

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte- sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long.

L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles.
- Limité la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq I_{max}$) Respecter les règles de déclivités Max et Min.

2.3.2 Éléments géométriques du profil en long

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes représenté par leur déclivité (pente ou rampe), et arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux caractérisés par leur rayon (convexes et concaves).

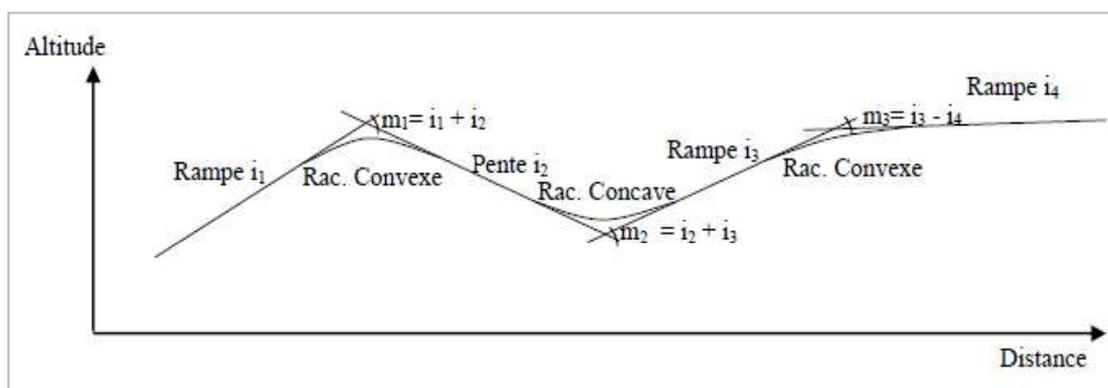


Figure 2.8 Éléments géométriques du profil en long

2.3.2.1 Les rayons en angle saillant (raccordement convexes)

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de Sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur un obstacle ou pour un dépassement (B40, 1977).

Les rayons minimaux admissibles R_v des raccordements convexes sont déterminés partir de la position de l'œil et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

1 Condition de visibilité

$$R_v = \frac{d^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2} \quad (2.17)$$

h_0 : hauteur d'œil = 1.10 m et d : distance de visibilité.

- Si un obstacle éventuel : $h_1 = 0.15 \text{ m}$ (Cat 1-2) et $h_1 = 0.20 \text{ m}$ (Cat 3-4-5)
- Si un obstacle permanent (véhicule) : $h_2 = 1.20 \text{ m}$.

a. Pour les chaussées unidirectionnelles (4 voies ou 2 chaussées)

• Le rayon minimal absolu :

$$RVm1 = 0.24 \times d_1^2 \quad (\text{Cat } 1 - 2) \quad (2.18)$$

$$RVm1 = 0.22 \times d_1^2 \quad (\text{Cat } 3 - 4 - 5) \quad (2.19)$$

Avec : (d_1 : distance d'arrêt).

- **Le rayon minimal normal**

$$RVN1 = R(d_1) \quad (2.20)$$

Pour $V = V_r + 20$ (Plafond à 120 km/h).

b. Pour les chaussées bidirectionnelles (2 à 3 voies)

- **Le rayon minimal absolu :**

$$RVm2 = 0.11 \times dM^2 \quad (\text{Cat } 1 - 2) \quad (2.21)$$

$$RVm2 = 0.09 \times dM^2 \quad (\text{Cat } 3 - 4 - 5) \quad (2.22)$$

Avec : (dM : distance de visibilité de manœuvre de dépassement).

- **Le rayon minimal normal :**

$$RVN2 = R(dM) \quad (2.23)$$

Pour $V = V_r + 20$ (Plafond à 120 km/h).

Il est recommandé d'assurer sur la moitié du parcours la distance de visibilité minimale de dépassement d_m ; le rayon correspondant RVD (rayon de liberté de dépassement).

$$RVD = R(d_m) = 0.11 \times d_m^2 \quad (2.24)$$

Tableau 2.7 Rayons verticaux pour angle saillant (B40, 1977)

Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale I_{max} (%)		7%
Rayon	Symbole	Valeurs
Min-absolu	RV_m (m)	3500
Min-normal	RV_n (m)	8000
Dépassement	RVD (m)	9000

2.3.2.2 Rayons en angles rentrants (raccordement concaves)

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement.

- **Les rayons minimaux absolus $R'V_m$ des raccordements concaves assurent :**

- Pour $V_r \leq 80 \text{ km/h}$ (Cat 1-2) et 60 km/h (Cat 3-4-5), la vision dans un faisceau de phares d'axe horizontal situé à 0.75 m de hauteur.

Cette condition s'exprime par :

$$R'V_m = \frac{d^2}{1.5 + 0.035 \times d_1} \quad (2.25)$$

- Pour $V_r > 80 \text{ km/h}$, la limitation de l'accélération verticale γ_v à $g/40$ (Cat 1-2) et pour $V_r > 60 \text{ km/h}$ à $g/30$ (Cat 3-4-5).

Cette condition s'exprime par :

$$R'V_m = 0.30 \times V_r^2 \quad (\text{Cat } 1 - 2) \quad (2.26)$$

$$R'V_m = 0.23 \times V_r^2 \quad (\text{Cat } 3 - 4 - 5) \quad (2.27)$$

- **Les rayons minimaux normaux :**

$$R'V_N = R'V_m \times (V_r + 20) \quad (2.28)$$

Tableau 2.8 Rayons verticaux pour angle rentrant (B40, 1977)

Vitesses de référence (Km/h)		80
Déclivité maximale I_{\max} (%)		7%
Rayon	Symbole	Valeurs
Min-absolu	$R'V_m$ (m)	1600
Min-normal	$R'V_n$ (m)	2400

2.3.3 Déclivité

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées (B40, 1977).

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence des deux déclivités voir (Figure 2.7).

- Raccordement pente- rampe : arc concave.
- Raccordement rampe- pente : arc convexe.
- **La déclivité minimale** : notre tracée doit être inclinée d'au moins 0,5 à 1 % afin de favoriser l'écoulement des eaux pluviales et éviter leurs stagnations.
- **La déclivité maximale** : notre tracée doit être inclinée au plus d'une pente maximale afin d'éviter les problèmes que peuvent rencontrer les poids lourds dans les pentes et rampe. Les valeurs de ces pentes sont données selon la norme algérienne B40.

Tableau 2.9 Valeurs de déclivité maximale de C3 (B40, 1977)

E	E1			E2			E3		
V_r (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
P_{max}	5 %			6 %			7 %		

2.3.4 Voie supplémentaire pour véhicules lents

La diminution de vitesse des véhicules rapides due à la gêne apportée à la circulation par les véhicules lents dans les rampes peut justifier la construction d'une voie supplémentaire pour les véhicules lents (B40, 1977).

Pour des trafics inférieurs à 15000 V/J sur routes à 4 voies ou 2 x 2 voies, et 7000 V/J sur routes à 2 ou 3 voies, la rentabilité de telles voies est surtout assurée pour des rampes de grande longueur.

C'est également le cas pour les routes à chaussée unique bidirectionnelle à 2 voies où la visibilité de dépassement n'est pas assurée dans la rampe.

Afin d'assurer un niveau de service satisfaisant, la construction d'une voie supplémentaire pour les véhicules lents doit être envisagée lorsque leur vitesse en décélération atteint la vitesse V_{PL} .

La voie supplémentaire pour les véhicules lents est implantée sur le côté droit de la route, elle se développe en pleine largeur tant que la vitesse du poids lourds reste inférieur ou égale à la vitesse limite (ou vitesse d'équilibre).

$$V_d = V_{PL} + 10 \text{ km/h} \quad \text{avec } V_d: \text{ vitesse de décrochement}$$

Les valeurs de la vitesse de décrochement est donnée par le tableau suivant :

Tableau 2.10 Vitesse de décrochement (B40, 1977)

V_{PL} (km/h)	15	20	25	30	35	40
Vitesse de décrochement V_d (km/h)	25	30	35	40	45	50

À l'origine de la rampe une voie de décrochement dont le tracé du bord extérieur de la chaussée est constitué de deux arcs de cercle de sens contraire sans raccordement progressif et à la fin une voie d'insertion est définie par sa longueur parallèle (Tableau 2.11).

Ces principes sont illustrés dans la (Figure 2.9) :

Tableau 2.11 Voie de décrochement et d'insertion (B40, 1977)

V_{pl}	< 20	25	30	≥ 35
Voie de décrochement				
R	200	250	400	550
l	30	40	45	50
L init	60	70	85	100
Voie d'insertion				
L parallèle	100	130	170	240
Biseau	40	50	70	80
L fin	140	180	240	320

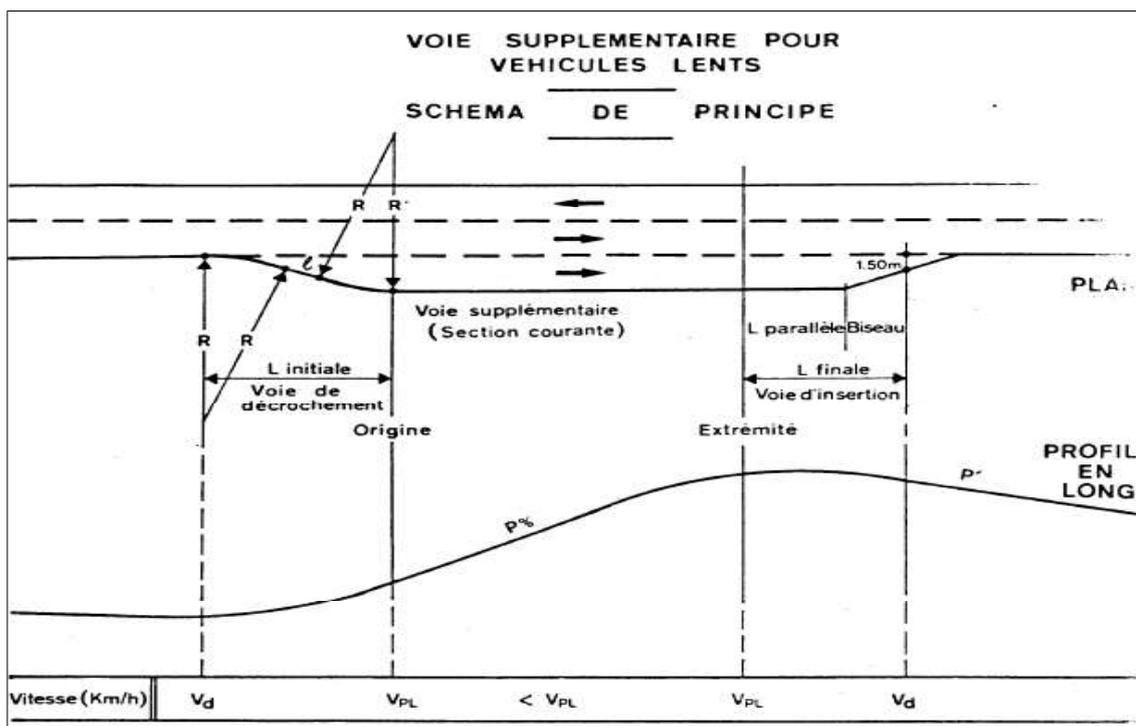


Figure 2.9 Schéma de principe d'une voie supplémentaire pour véhicules lents (B40, 1977)

2.3.5 Détermination pratique du profil en long

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2RY^2 = 0$$

À l'équation de la parabole :

$$X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$$

1 Détermination de la tangente et la flèche des raccordements verticaux

a. Tangente

$$\begin{cases} m = i_1 \pm i_2 \\ \operatorname{tg}\left(\frac{m}{2}\right) = \frac{T}{R} \Rightarrow \frac{m}{2} = \frac{T}{R} \end{cases} \quad (2.29)$$

$$T = \frac{m \times R}{2} \quad (2.30)$$

b. La flèche

f^2 est négligeable

$$\begin{cases} (R + f)^2 = R^2 + T^2 \\ R^2 + 2Rf = R^2 + T^2 \end{cases}$$

$$f = \frac{T^2}{2 \times R} \quad (2.31)$$

Remplaçons l'équation (2.30) dans l'équation (2.31) :

$$f = \frac{R \times m^2}{8} \quad (2.32)$$

2.3.6 Exemple de calcul de profil en long

Pour les calculs on a retiré les coordonnées (PK, Z) de trois points de profil en long par le logiciel Covadis 2008.

2.3.6.1 Cas d'un rayon convexe

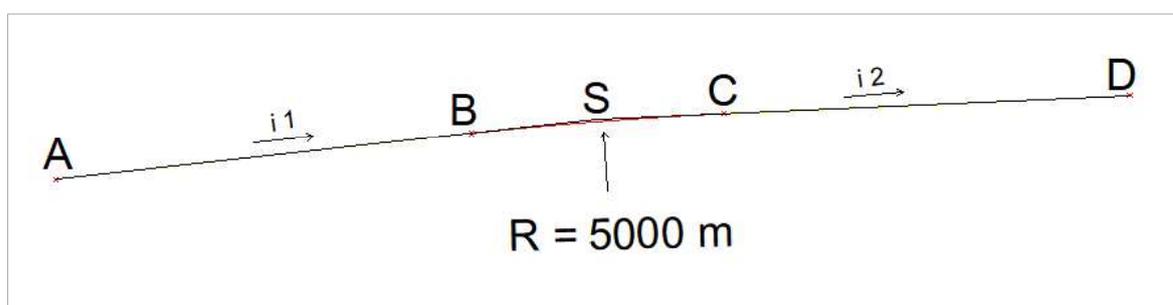


Figure 2.10 Courbe convexe

Tableau 2.12 Cordonnées (X, Z) d'un rayon convexe

Point	X (m)	Z (m)
A	1054.66	275.74
S	1404.85	295.32
D	1750.00	303.23

1 Calcul des pentes

Le calcul des pentes se fait par la formule suivante :

$$i_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} \times 100 = \frac{295.32 - 275.74}{1404.85 - 1054.66} \times 100$$

$$i_1 = 5.59 \%$$

$$i_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} \times 100 = \frac{303.23 - 295.32}{1750 - 1404.85} \times 100$$

$$i_2 = 2.29 \%$$

Et d'après la formule (2.29), on calcul m :

$$m = i_1 \pm i_2 = 5.59 - 2.29 \quad \Rightarrow \quad m = 3.3 \%$$

2 Calcul des tangentes

D'après la formule (2.30) le calcul de la tangente est le suivant :

$$T = \frac{m \times R}{2} = \frac{(3.3/100) \times 5000}{2} \quad \Rightarrow \quad T = 82.5 \text{ m}$$

3 Calcul des flèches

D'après la formule (2.31) le calcul de la flèche est le suivant :

$$f = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{82.5^2}{2 \times 5000} \quad \Rightarrow \quad f = 0.68 \text{ m}$$

4 Calcul des coordonnées des points de tangentes

Les points de tangentes sont calculés par les relations suivantes :

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 X_B &= X_S - T = 1404.85 - 82.5 = 1322.35 \text{ m} \\
 Z_B &= Z_S - T \times |i_1| = 295.32 - (82.5 \times 0.0559) = 290.70 \text{ m}
 \end{aligned} \right\} B \\
 & \left. \begin{aligned}
 X_C &= X_S + T = 1404.85 + 82.5 = 1487.35 \text{ m} \\
 Z_C &= Z_S + T \times |i_2| = 295.32 + (82.5 \times 0.0229) = 297.20 \text{ m}
 \end{aligned} \right\} C
 \end{aligned}$$

2.3.6.2 Cas d'un rayon concave

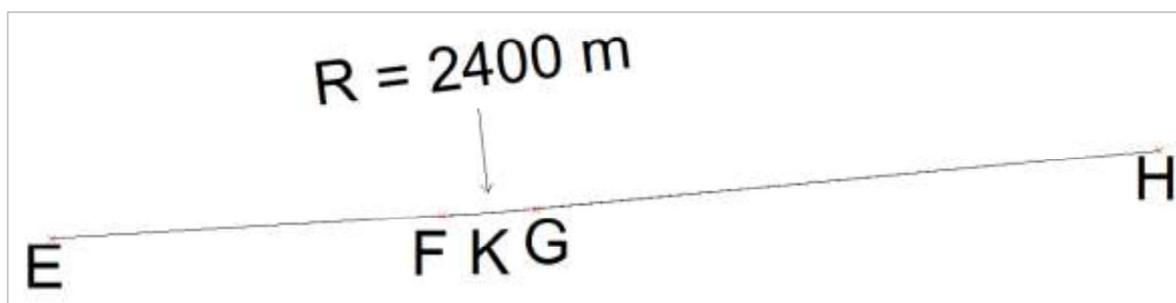


Figure 2.11 Courbe concave

Tableau 2.13 Cordonnées (X, Z) d'un rayon concave

Point	X (m)	Z (m)
E	553.32	255.54
K	751.34	261.39
A	1054.66	275.74

1 Calcul des pentes

Le calcul des pentes se fait par la formule suivante :

$$i_3 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta X_1} \times 100 = \frac{261.39 - 255.54}{751.34 - 553.32} \times 100$$

$$i_3 = 2.96 \%$$

$$i_4 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta X_2} \times 100 = \frac{275.74 - 261.39}{1054.66 - 751.34} \times 100$$

$$i_4 = 4.73 \%$$

Et d'après la formule (2.29), on calcule m :

$$m = i_4 \pm i_3 = 4.73 - 2.96 \quad \Rightarrow \quad m = 1.77 \%$$

2 Calcul des tangentes

D'après la formule (2.30) le calcul de la tangente est le suivant :

$$T = \frac{m \times R}{2} = \frac{0.0177 \times 2400}{2} \quad \Rightarrow \quad T = 21.24 \text{ m}$$

3 Calcul des flèches

D'après la formule (2.31) le calcul de la flèche est le suivant :

$$f = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{21.24^2}{2 \times 2400} \quad \Rightarrow \quad f = 0.1 \text{ m}$$

4 Calcul des coordonnées des points de tangentes

Les points de tangentes sont calculés par les relations suivantes :

$$F \begin{cases} X_F = X_K - T = 751.34 - 21.24 = 730.10 \text{ m} \\ Z_F = Z_S - T \times |i_3| = 261.39 - (21.24 \times 0.0296) = 260.71 \text{ m} \end{cases}$$

$$G \begin{cases} X_G = X_K + T = 751.34 + 21.24 = 772.58 \text{ m} \\ Z_G = Z_K + T \times |i_4| = 261.39 + (21.24 \times 0.0473) = 262.40 \text{ m} \end{cases}$$

2.4 PROFIL EN TRAVERS

Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical. La plateforme des routes comprend : les chaussées, les accotements latéraux et éventuellement un terre-plein central (Phillippe, 2014).

Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du Trafic actuel et prévisible dans de bonnes conditions de sécurité et de confort, et ainsi l'évacuation rapide des eaux de pluie.

2.4.1 Type de profil en travers

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

2.4.1.1 Profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route (les dimensions, la structure de chaussée, les épaisseurs) et dans toutes les situations (remblais, déblais et mixte).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

2.4.1.2 Profil en travers courant

S'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la route au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet, devers de la chaussée.

2.4.2 Les éléments de composition du profil en travers

La chaussée : Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural c'est l'ensemble des couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules. Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt (ICTAAL, 2000).

La plate-forme : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

L'assiette : Champ du terrain occupé par la chaussée, elle comprend les accotements ; les fossés et l'encombrement total des ouvrages.

L'emprise : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances limitées par le domaine public.

Les accotements : Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire.

Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

Berme : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

B.A.U : Partie de l'accotement, contigu à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée.

Caniveau : Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau.

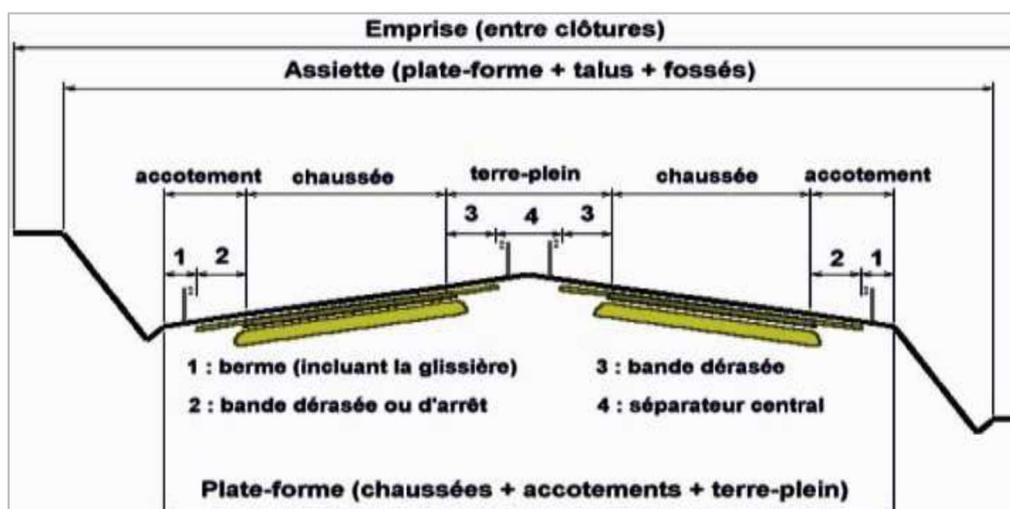


Figure 2.12 Élément du profil en travers

2.4.3 Application au projet

Il existe trois types de profils en travers : le profil en remblai, en déblai et le profil mixte, les exemples sont retirés par le logiciel COVADIS 2008 (Figures 2.13 ; 2.14 ; 2.15).

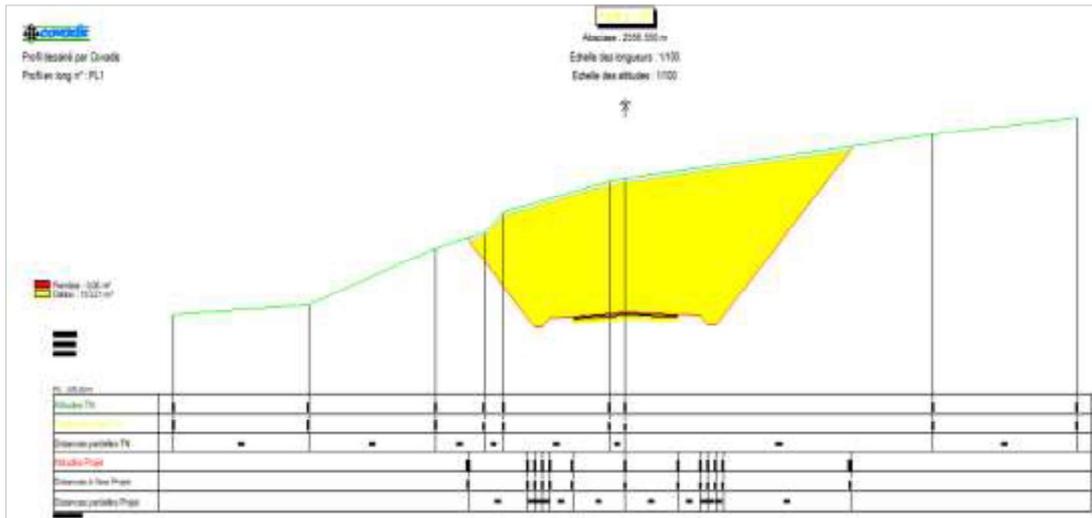


Figure 2.13 Profil en travers en déblai(COVADIS)

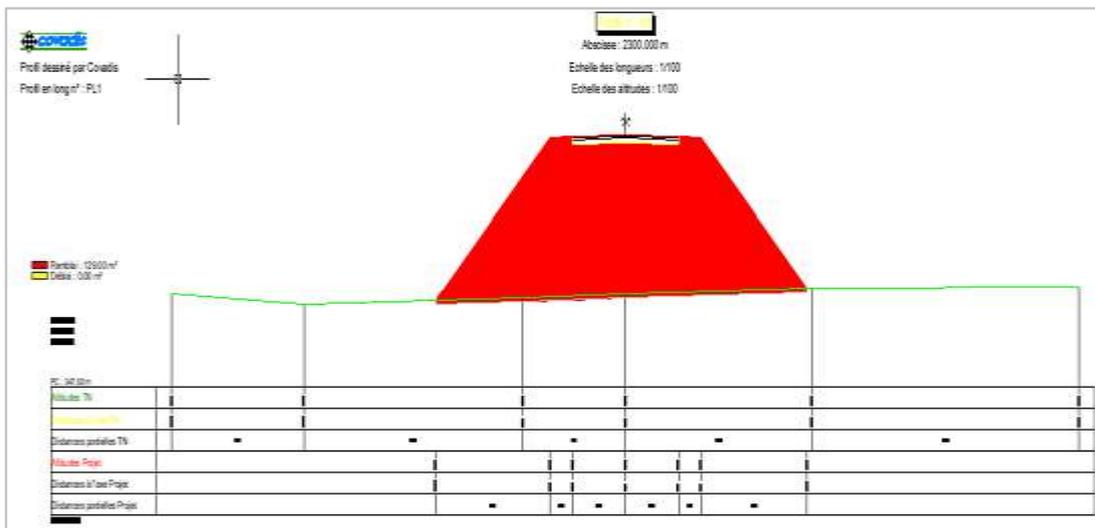


Figure 2.14 Profil en travers en remblai(COVADIS)

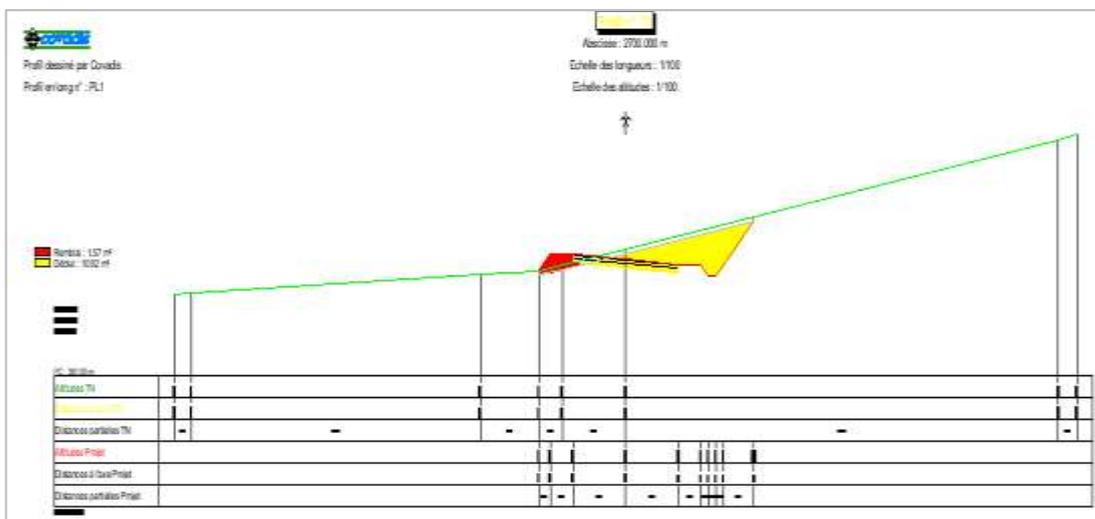


Figure 2.15 Profil en travers mixte (COVADIS)

2.5 CUBATURES

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes de terre à enlever (déblais) et les volumes à apporter (Remblai), pour donner à la route une allure uniforme et homogène pour recevoir un cote de chaussée qui permette aux véhicules de circuler en toute sécurité et sérénité à partir de : (Rahmani & Kaddar, 2013)

- **Les Surfaces** de remblai ou de déblais obtenus par le profil en travers
- **Les Distances** entre profils en travers, indiquées sur le profil en long

2.5.1 Méthode de calcul des cubatures

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient le calcul.

Le travail consiste à calculer les surfaces déblai (SD) et remblai (SR) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

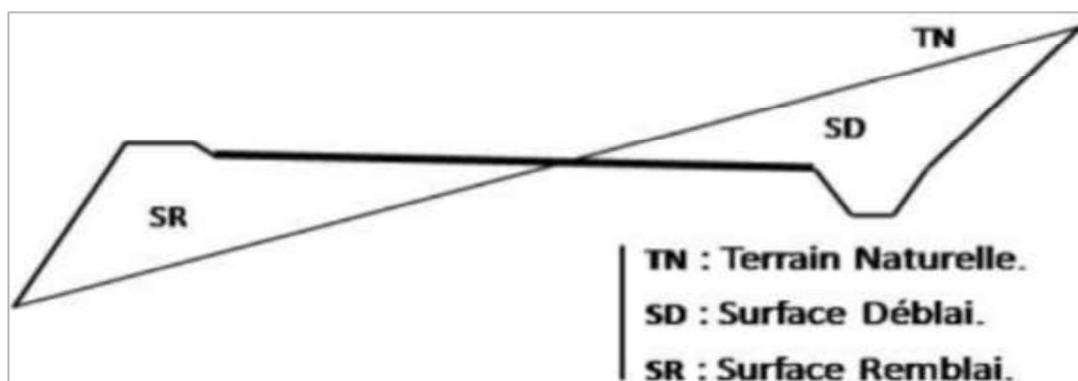


Figure 2.16 Profil en travers mixte

2.5.1.1 Méthode de sarraus

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S1 + S2 + 4 \times Smoy)$$

- **S1** et **S2** : Les surfaces des sections parallèles.
- **L** : La distance entre ces deux sections.
- **S** : La section équidistante des deux bases.

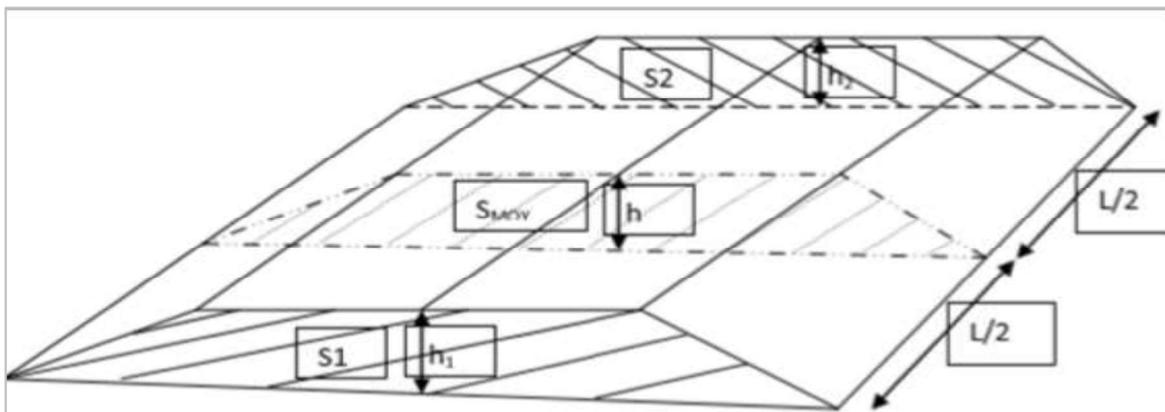


Figure 2.17 Schéma explicatif de la méthode de la moyenne des aires

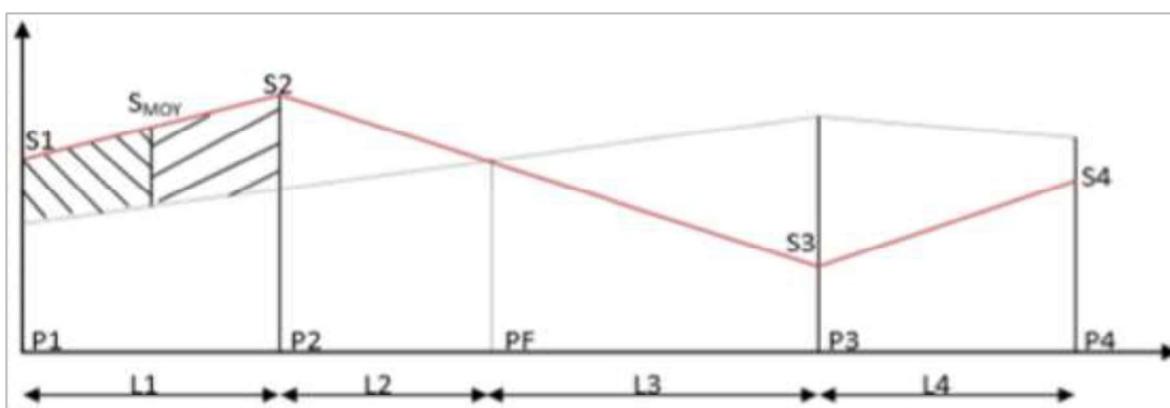


Figure 2.18 Profil en long type d'un tracé

- **PF** : Profil fictive, surface nulle.
- **Si** : Surface de profil en travers Pi.
- **Li** : Distance entre ces deux profils.
- **S_{moy}** : Surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

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

les deux expressions S_{moy} et $\frac{(S_1+S_2)}{2} \rightarrow V_i = \frac{L_i}{2} (S_i + S_{i+1})$

Donc :

Entre **P1** et **P2** $\rightarrow V_1 = L_1 * (\frac{S_1+S_2}{2})$

Entre **P2** et **PF** $\rightarrow V_2 = L_2 * (\frac{S_2+0}{2})$

Entre **PF** et **P3** $\rightarrow V_3 = L_3 * (\frac{0+S_3}{2})$

Entre **P3** et **P4** $\rightarrow V_4 = L_4 * (\frac{S_3+S_4}{2})$

Où : $L_1/2$ et $(L_1+L_2)/2 \rightarrow$ sont appelées : longueur d'application.

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

2.5.1.2 La méthode de gulden

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

2.5.1.3 La méthode linéaire

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

2.6 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

En usant du logiciel Covadis (2008), nous avons trouvé un volume total du déblai de l'ordre de 155252.356 m³, et un volume total du remblai égal à 121412.809 m³ : Une différence qui n'est pas trop importante...

En revanche, la hauteur du remblai semble être assez significative (de l'ordre de 14m), ce qui laisse à penser qu'une solution en ouvrage d'art semble la plus appropriée, mais notre projet ne paraît pas assez important pour un tel édifice d'où la solution du remblai reste la plus intéressante.

À travers les applications ci-dessus, la déclivité trouvée est de l'ordre de 7 %, ce qui nous a mené à majorer la pente à 9% (majoration de 2% d'après le règlement B40) parce que le relief est difficile (environnement E3), cette majoration est faite entre le Pk 1+779 à Pk 3+240.

2.7 CONCLUSION

À travers ce chapitre, nous avons traité les différentes caractéristiques de la chaussée de notre cas d'étude, nous avons trouvé qu'un choix de remblai est le plus satisfaisant pour notre projet ; néanmoins, un ajout de la géo synthétique serait plus approprié pour renforcer notre chaussée. Les résultats détaillés de ce chapitre sont joints en annexe A.

Chapitre 3
Dimensionnement de corps chaussée

Chapitre 3 : Dimensionnement de corps de chaussée

3.1 INTRODUCTION

Le corps de chaussée est dimensionné afin de supporter la circulation de trafic dans les bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers dans une durée bien déterminée. Pour cela, les épaisseurs des couches constituant le corps de la chaussée doivent être suffisantes pour qu'elles supportent le chargement.

Dans cette partie d'étude, on recense quelques méthodes de dimensionnement du corps de chaussée et on utilise la méthode de CBR et la méthode des catalogues des structures neuves pour dimensionner le corps de chaussée de notre projet et le logiciel Alizé pour faire une vérification des contraintes.

3.2 LA CHAUSSEE

3.2.1 Définition

- **Au sens géométrique** : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

3.2.2 Les différents types de chaussée

Il existe trois types de chaussée :

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

3.2.2.1 Les chaussées souples

Elles sont constituées d'une couche de surface au-dessus d'une couche d'assise. La chaussée souple distribue les efforts de surface à travers les couches de base et de fondation. Cette distribution se fait de façon à ce que l'effort sur la plate-forme soit compatible avec la résistance de l'infrastructure et du sol support.

Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles en Algérie.

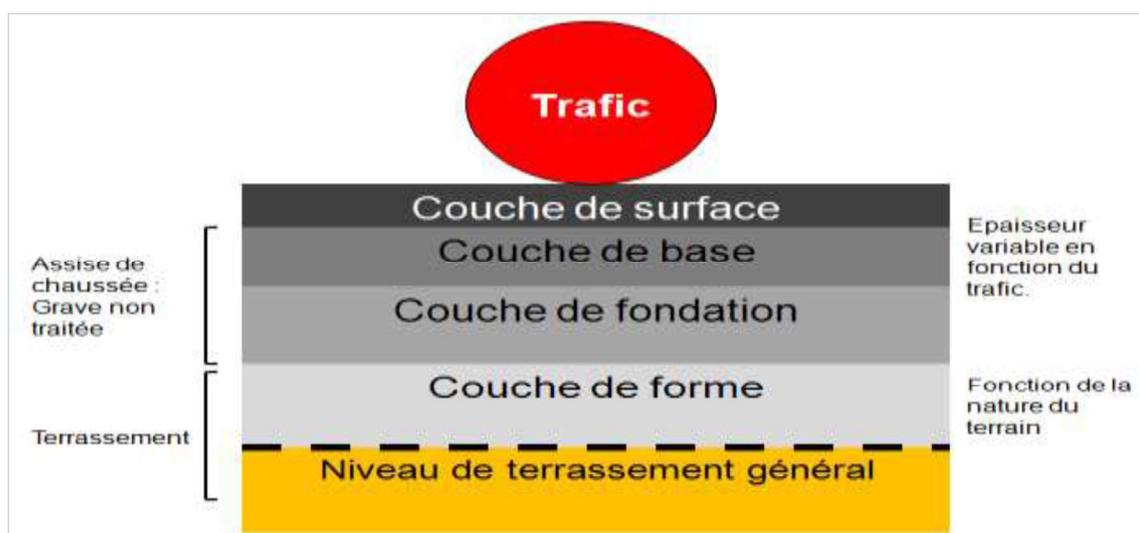


Figure 3.1 Chaussée souple (LCPC & SETRA, 1998)

3.2.2.2 Les chaussées semi-rigides

Une chaussée semi rigide est une chaussée avec une couche de surface en béton bitumineux reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

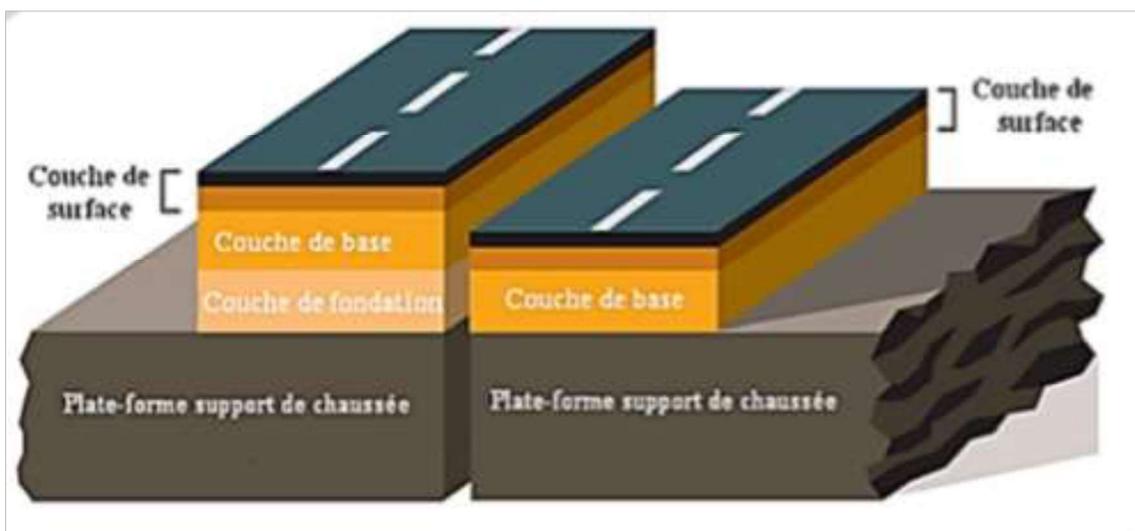


Figure 3.2 Chaussée semi-rigide(LCPC & SETRA, 1998)

3.2.2.3 Les chaussées rigides

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- Couche de roulement en béton de ciment.
- Couche de fondation.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

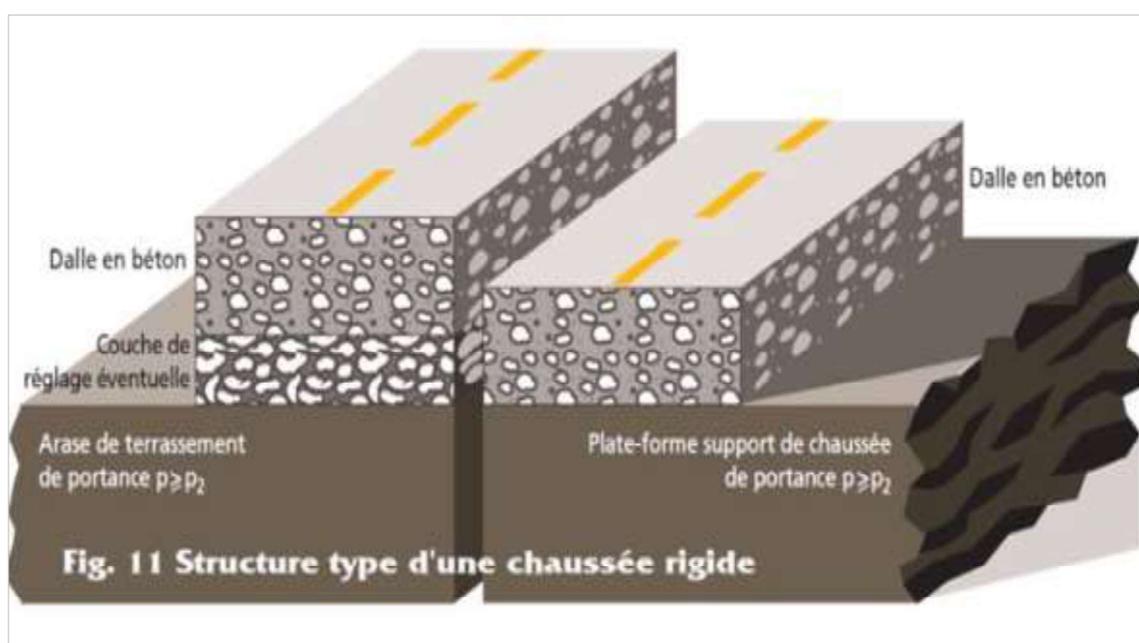


Figure 3.3 Chaussée rigide(LCPC & SETRA, 1998)

3.2.3 Les différentes couches de chaussée

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini (LCPC & SETRA, 1998).

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

3.2.3.1 Couche de surface

C'est la dernière couche de la chaussée et qui est en contact directe avec les pneumatiques, elle a pour rôle :

- De résister aux efforts des charges dynamiques et de transmettre les charges verticales à la base.
- D'imperméabiliser la surface de chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

- La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

3.2.3.2 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 de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

3.2.3.3 Couche de fondation

Elle assure une bonne portance de la chaussée finie. Et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

L'épaisseur de la couche de fondation est éventuellement de 15 à 30 cm.

3.2.4 Couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

Elle est utilisée pour opérer des corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme et elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

- **Un Sol rocheux** : joue un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Un Sol peut portant** : (argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantiers de circuler librement.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

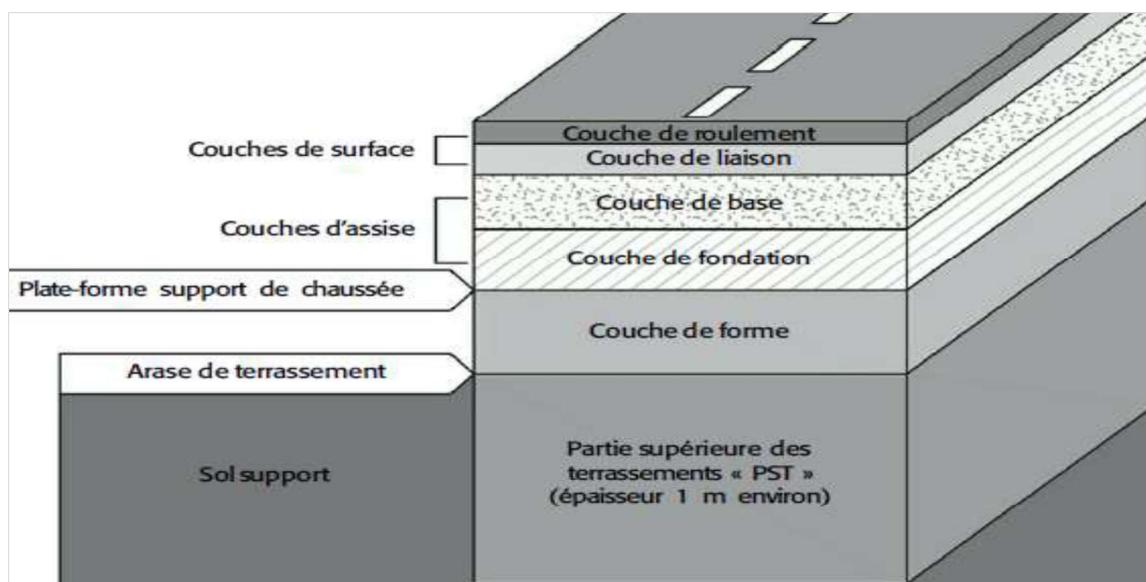


Figure 3.4 Coupe type des couches d'une chaussée (LCPC & SETRA, 1998)

3.3 LES DIFFERENTS FACTEURS DÉTERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSÉE

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont : (CTTP fascicule 2, 2001)

- Trafic : son influence se traduit par l'usure, le fluage ou rupture par fatigue,
- Climat et environnement : influence de la température et de l'eau sur vieillissement du bitume,
- Portance de sol : naturel ou de plate-forme,
- Les caractéristiques des matériaux constitutifs de la chaussée.

3.3.1 Trafic

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

3.3.2 Environnement

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai

3.3.3 Sol Support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

3.3.4 Matériaux

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

3.4 LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

On distingue deux familles des méthodes :

- **Les méthodes empiriques** : Ce sont des méthodes basées, pour la plupart, sur des essais accélérés et des observations effectuées sur routes expérimentales. Ces approches empiriques ont apporté de nombreux renseignements sur l'action des charges de trafic et des sollicitations thermiques, sur les propriétés des matériaux constitutifs de la chaussée ainsi que sur le comportement à long terme des structures routières. Leur principal désavantage est qu'elles ne peuvent être appliquées que pour les conditions climatiques et de trafic pour lesquelles elles ont été établies.
- **Les méthodes « rationnelles »** : Les méthodes rationnelles sont basées sur la mécanique des milieux continus et sur la résistance des matériaux. Ces dernières présentent l'avantage de pouvoir être appliquées à des structures sous différents types de climat et pour divers chargements de trafic. Le comportement des matériaux de chaussées et de plate-forme sera représenté avec des modèles mathématiques. Les sollicitations subies par les matériaux sous l'effet du trafic seront déterminées. Elles seront ensuite comparées aux sollicitations admissibles. Ceci permettra de prévoir le développement de divers types de détérioration au cours de la durée de vie de la chaussée.

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

- Méthode CBR (California - Bearing - Ratio).
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP 2001.
- Méthode du catalogue des structures SETRA et LCPC(ALIZÉ).

3.4.1 Méthode C.B.R « California-Bearing-Ratio »

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support. Elle considère la résistance au poinçonnement du sol de plate-forme et la transmission des charges selon la méthode de Boussinesq. Elle donne en fonction du CBR de la plate-forme l'épaisseur de la couche sus-jacente à partir de la formule de Peltier (3.1) sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

- Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100000 \text{ t/ans}$

$$E_{eq} = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} \text{ (cm)} \quad (3.1)$$

- Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans}$

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \text{ (cm)} \quad (3.2)$$

- **E_{eq}** : épaisseur équivalente
- **I_{CBR}** : indice CBR (sol support)
- **N** : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide
- **P** : charge par route P = 6.5 t (essieu 13 t)
- **Log** : logarithme décimal

L'**épaisseur équivalente** est donnée par la relation suivante :

$$E_{eq} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \quad (3.3)$$

Où c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalences pour chaque matériau :

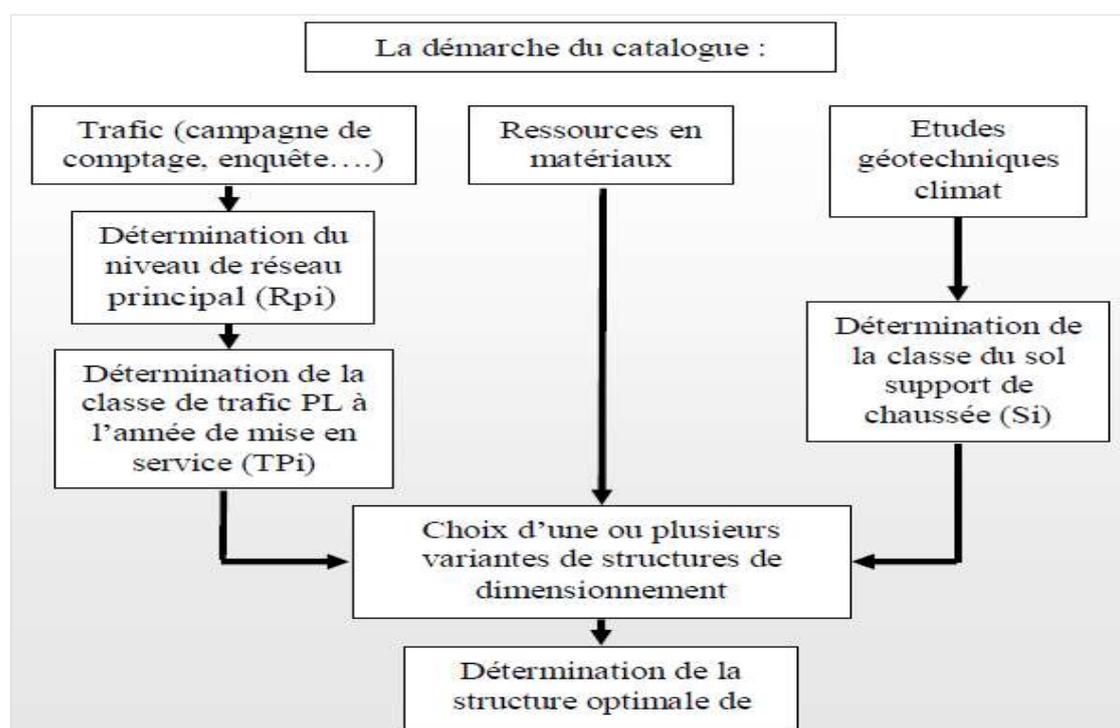
Tableau 3.1 Les valeurs des coefficients d'équivalences

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

3.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Cette méthode est basée sur des paramètres qui sont : le trafic, sol support, matériaux, et zone climatique. 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. C'est un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu en intégrant la méthode semi empirique qui se base sur deux approches : (CTTP, 2001)

- Approche théorique.
- Approche empirique.

**Figure 3.5** Démarche de catalogue

3.4.2.1 Détermination de réseau principal RP

Il se compose des routes reliant : (CTTP fascicule 1, 2001)

- Les Chefs-lieux de wilayat
- Les ports, les aéroports et les postes frontaliers
- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Le réseau principal de niveau 1 (RP1)
- Le réseau principal de niveau 2 (RP2)

1 Réseau principal de niveau 1 (RP1)

Il comporte des :

- ✓ Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules / jour
- ✓ Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya
- ✓ Liaisons présentant un intérêt économique et /ou stratégique

2 Réseau principal de niveau 2 (RP2)

Il est constitué de liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jours. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

3.4.2.2 Détermination de la classe de trafic

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

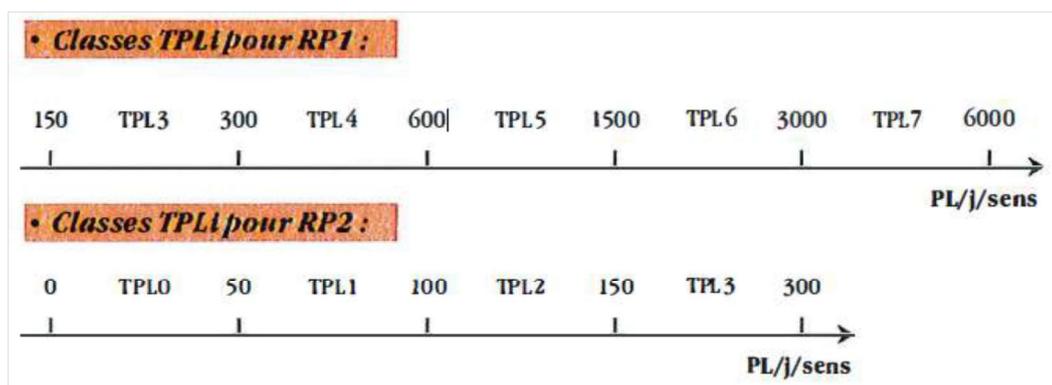


Figure 3.6 Classe de trafic(CTTP fascicule 1, 2001)

3.4.2.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories de sol sont données par le tableau suivant :

Tableau 3.2 La portance de sol-support (CTTP fascicule 1, 2001)

Portance (Si)	C.B. R
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

3.4.2.4 Classes de portances de sols support pour le dimensionnement

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de portance de sols supports à savoir :

S3 ; S2 ; S1 et S0. Les valeurs des modules indiquées sur le tableau 3.2 ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante

$$E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR} \quad (3.3)$$

Tableau 3.3 Classes de portance de sol-support (CTTP fascicule 1, 2001)

Classe de sol support	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

3.4.2.5 Sur classement des sols supports de chaussées

Lorsque des cas de sols de faible portance (< S4 en RP2, < S4 et S3 en RP 1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels sélectionnés ou traités, permet un sur classement de portance du sol terrassé.

Tableau 3.4 Sur classement avec couche de forme au matériau non traité (CTTP fascicule 1, 2001)

Classes de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Épaisseur de matériau de couche de forme	Classes de portance de sol support visé (Sj)
< S4	Matériau non traité	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S3
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

3.4.2.6 Détermination de la zone climatique

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 3.5 Les zones climatiques de l'Algérie (CTTP fascicule 1, 2001)

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20°	Nord
II	350-600	Humide	20°	Nord, hauts-plateaux
III	100-350	Semi-aride	25°	Hauts plateaux
IV	<100	Arde	30°	Sud

3.4.3 Méthode de catalogue des structures SETRA & LCPC (Logiciel ALIZÉ)

Cette méthode basée sur la détermination des épaisseurs des différentes couches de chaussée ainsi que leurs caractéristiques mécaniques des matériaux relèvent, soit d'une approche expérimentale empirique, soit de calculs de vérification (méthode rationnelle). Par opposition aux modèles empiriques, ces méthodes rationnelles font appel à l'utilisation combinée de modèles mécaniques et de données expérimentales. C'est par le biais de modèles de calculs qu'est vérifié le dimensionnement de la structure vis-à-vis des critères de durabilité.

La mise au point du logiciel Alizé a permis l'élaboration du guide de dimensionnement des chaussées (SETRA-LCPC 1994) et du catalogue de dimensionnement des chaussées (SETRA-

LCPC), lesquels constituent les outils de dimensionnement les plus utilisés en France et notamment en Algérie.

Ce programme permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER, les contraintes et déformations (σ , ϵ_z , σ_z) à différents niveaux de la structure. La charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes représenté par une empreinte circulaire.

Les données à rentrer dans le modèle pour les différentes simulations sont :

- Les épaisseurs de chaque couche.
- Les modules (E) et coefficients de poisson (ν) de chaque couche y compris le sol support.
- Les types d'interfaces entre les couches (conditions de collage).

3.5 APPLICATION AU PROJET

Pour notre projet on va utiliser les trois méthodes CBR, catalogue des structure neuves et catalogue des structure (Logiciel Alizé) :

3.5.1 Méthode de l'indice CBR

3.5.1.1 Données de l'étude

- Année de comptage : 2014.
- $TJMA_{2016} = 3870 \text{ v/j}$.
- Mise en service : 2016.
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 6 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 20 \%$
- C.B.R = 8.61.

3.5.1.2 Répartition de trafic

$$TJMA_{2016} = 3870 \text{ (V/j)}.$$

$$TJMA_{2016} = \left(\frac{3870}{2} \right) = 1935 \left(\frac{\text{v}}{\text{j}} / \text{sens} \right).$$

$$TPL_{2016} = Z \times TJMA_{2016} \text{ (V/j/sens)} = 0,20 \times 1935 = 387 \text{ PL /j/sens}.$$

$$TPL_{2036} = (1 + \tau)^{20} \times TPL_{2016} = (1 + 0,06)^{20} \times 387 \approx \mathbf{1241 \text{ PL/j/sens}}$$

$$\mathbf{TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000 (t/ans)}$$

$$\Rightarrow 3870 \times 365 \times 1.5 = 2118822(t/ans) > 100000 (t/ans)$$

Alors d'après la formule (3.2) on calcule Eeq :

$$\mathbf{Eeq} = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log \frac{387}{10})}{8.61 + 5} = 36.26 \text{ cm}$$

On prend : **Eeq = 42 cm**

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation (3.3) :

$$\mathbf{c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 = 42 \text{ cm}}$$

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcul la 3^{ème} :

- 6 cm de la couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : **c₁ × e₁ = 2 × 6 cm.**
- 10 cm de la couche de base en grave bitume (G.B) : **c₂ × e₂ = 1.5 × 10 cm.**

Donc L'épaisseur de la couche de fondation e₃ en (G.C) est :

$$e_3 = \frac{Eeq - (e_1 c_1 + e_2 c_2)}{c_3} = \frac{40 - ((2 \times 6) + (1.5 \times 10))}{1} \approx 15 \text{ cm}$$

On prend : e₃ = 15 cm

Donc

- 15 cm de la couche de fondation en grave concassé (G.C) : **a₃ × e₃ = 1 × 15 cm**

Tableau 3.6 Résultat de dimensionnement par la méthode CBR

Couche	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Épaisseur équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	10	1.5	15
GC	15	1	15
Totale	31		42

Donc la structure proposée est : **6 BB + 10 GB + 15 GC**

Et il faut réaliser une couche de forme en Tuf de **40 cm** (en deux couches 20+20 cm), en raison de la faiblesse et la sensibilité de sol-support.



Figure 3.7 Les épaisseurs des couches de la méthode CBR

3.5.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTTP »

3.5.2.1 Détermination du type de réseaux principaux

$$TJMA_{2014} = 3444 (V/j) > 1500(V/j)$$

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

3.5.2.2 Détermination de la classe de trafic (TPLi)

- $TJMA_{2016} = 3870 (V/j)$.
- $TJMA_{2016} = 1935 (V/j/sens)$
- $TPL_{2016} = 0,20 \times 1935 = 387 \text{ PL } /j/sens$

Pour RP1 : $300 < TPL < 600$ Donc la classe du trafic est **TPL4** (Figure 3.6).

3.5.2.3 Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiquées sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E (MPa) = 5 \times CBR$$

$$E (MPa) = 5 \times 8.61 = 43.05 (MPa).$$

Alors d'après le (Tableau 3.3) :

$25 < 43.05 \leq 50 \Rightarrow$ La classe de portance de sol support est : **S3**.

3.5.2.4 Sur classement des sols supports de chaussées

D'après le (Tableau 3.3) :

S3 \Rightarrow **S2** Avec couche de forme de 40 cm (en 2 couches).

3.5.2.5 Détermination de la zone climatique

Le projet est à Tlemcen-Nedroma donc d'après le fascicule 1 : la zone climatique est **II**

Et d'après le (Tableau 3.5) : $T_{eq} = 20^{\circ}$

3.5.2.6 Choix de dimensionnement

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique (**II**), la durée de vie est de (**20** ans), le taux d'accroissement est égal à (**6%**), la portance de sol est (**S2**) et on a une classe de trafic de l'ordre (**TPL4**) et tous les interfaces sont collées.

• Remarque

Dans le fascicule 3, il existe un taux d'accroissement de 4% mais dans notre cas d'étude, on a un taux d'accroissement de 6%, pour cela ; nous avons travaillé avec le même catalogue sans prendre en considération la différence de taux d'accroissement de (2%).

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (CTTP fascicule 3, 2001) propose la structure suivante :

- Couche de roulement : BB « Béton Bitumineux » = **6 cm**.
- Couche de base : GB « Grave Bitume » = **15 cm**.
- Couche de fondation : GNT « Grave Non Traité » = **35 cm**

Et une couche de forme en TUF de 40 cm en (deux couches).



Figure 3.8 Les épaisseurs des couches de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

3.5.3 Méthode du catalogue des structures SETRA et LCPC (Lgiciel ALIZÉ)

Les figures ci-dessous représentent les étapes de la méthode du logiciel Alizé :

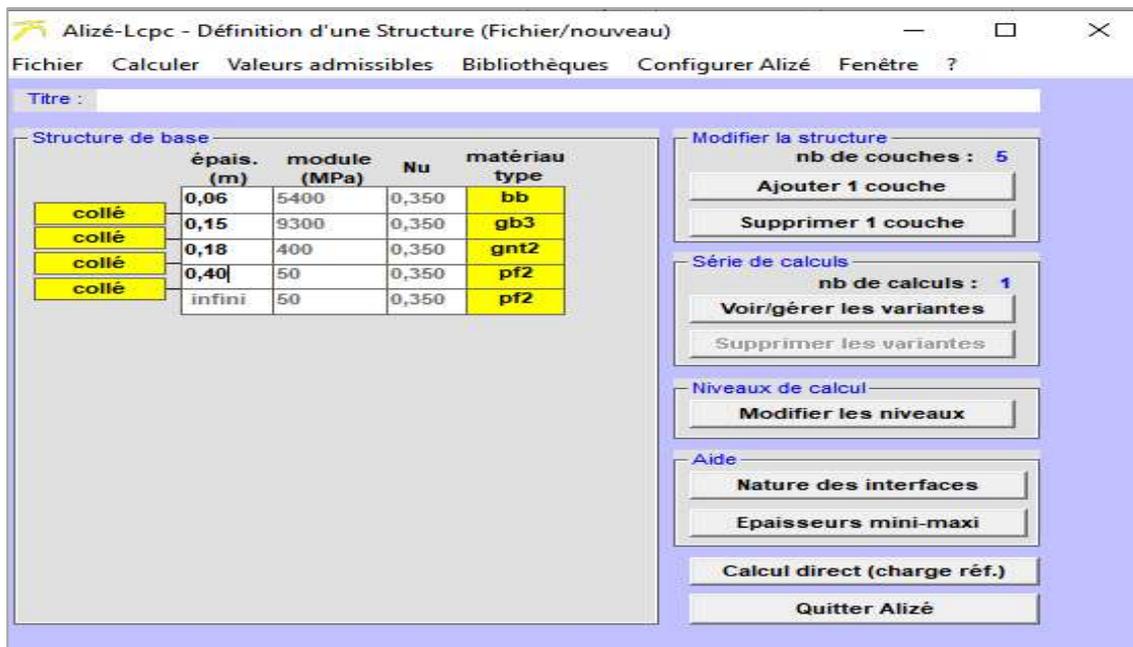


Figure 3.9 Définition de la sturcture

La figure (3.9) représente la définition de la structure par l’Insertion des :

- Conditions de collage
- Épaisseurs des couches et les types de matériaux
- Modules de young et coefficients de poisson ils seront définis automatiquement après la l’insertion des matériaux

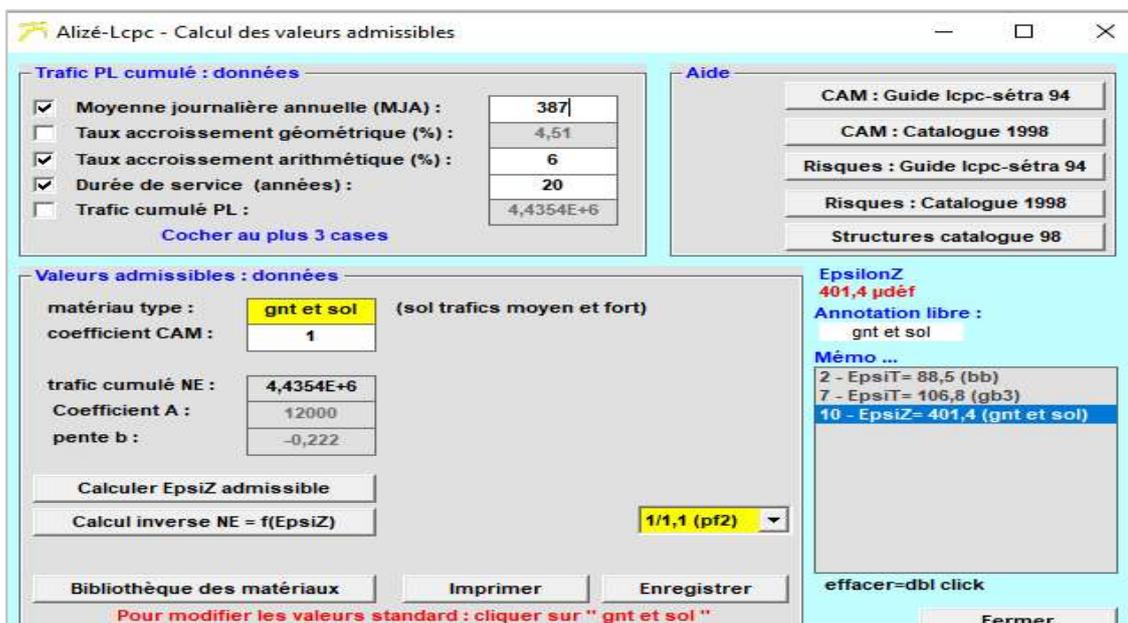


Figure 3.10 Calcul des valeurs admissibles

La figure (3.10) représente le calcul des valeurs admissibles de chaque matériau par l'insertion des paramètres de notre route.

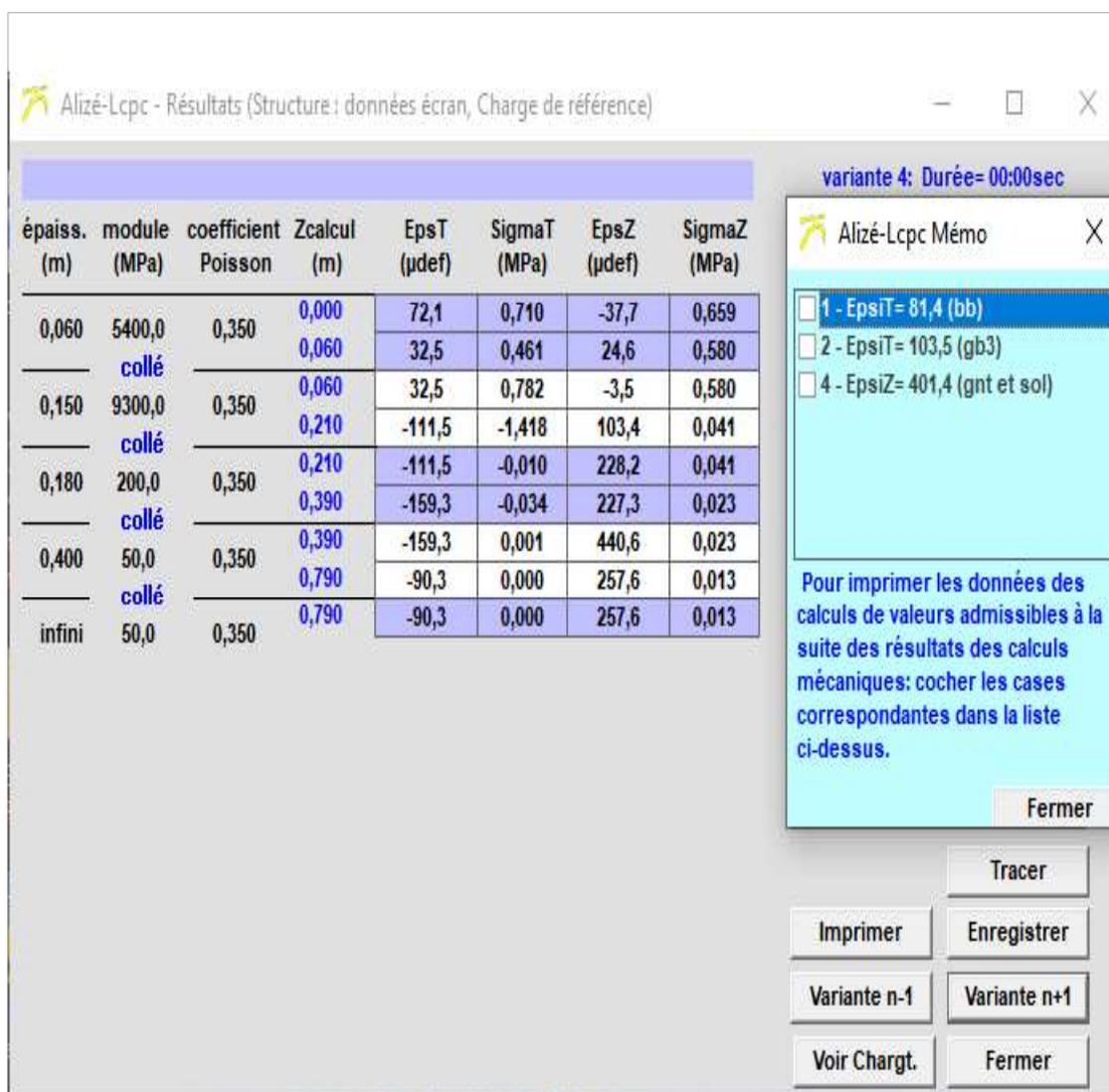


Figure 3.11 La vérification de la structure

La figure (3.11) représente la vérification de la structure.

Donc par cette méthode on a trouvé :

6 BB + 15 GB + 18 GNT et 40 TUF pour CF .

3.6 CONCLUSION

L'application de ces trois méthodes nous donne les résultats suivants :

- 6 BB + 10 GB + 15 GC et 40 TUF Pour (CF) par la méthode C.B.R.
- 6 BB + 15 GB + 35 GNT et 40 TUF Pour (CF) par la méthode de catalogue des chaussées neuves.
- 6 BB + 15 GB + 18 GNT et 40 TUF pour (CF) par le programme ALIZÉ.

Alors d'après les résultats de ces trois méthodes, on remarque que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus adéquat et économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

Cependant, ce choix reste une proposition de notre part seulement. Le choix final du corps de chaussée à retenir est fonction des carrières existantes, leur éloignement, le coût du transport et d'exécution.

Chapitre 4
Aménagement de la chaussée

Chapitre 4 : Aménagement de la chaussée

4.1 INTRODUCTION

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

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

Les carrefours représentent une partie importante d'une route, la fluidité, la sécurité, et l'intégration aux sites sont les buts recherchés et les règles essentielles de conception sont : la visibilité, la capacité, la sécurité et enfin l'esthétique.

Dans ce chapitre on va entamer ces trois éléments essentiels pour l'aménagement de notre chaussée.

4.2 ASSAINISSEMENT

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires (Rahmani & Kaddar, 2013).

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 l'insécurité de l'utilisateur (glissement, inondation, diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoqués par les eaux sont engendrés comme suit :

a. Pour les chaussées

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

b. Pour les talus

- Glissement.
- Érosion.
- Affouillements du pied de talus.

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

4.2.1 Objectif d'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Éviter les problèmes d'érosion.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

4.2.2 Assainissement de la chaussée

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

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

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

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

a. Fosse de pied du talus de déblai

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

b. Fossé de crête de déblai

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

c. Fossé de pied du talus de remblai

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

d. Drain

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant de route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

e. Descentes d'eau

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1%, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

f. Le regard

Un regard est un dispositif maçonné permettant d'inspecter une canalisation souterraine.

Il est constitué d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux **poussées des terres**.

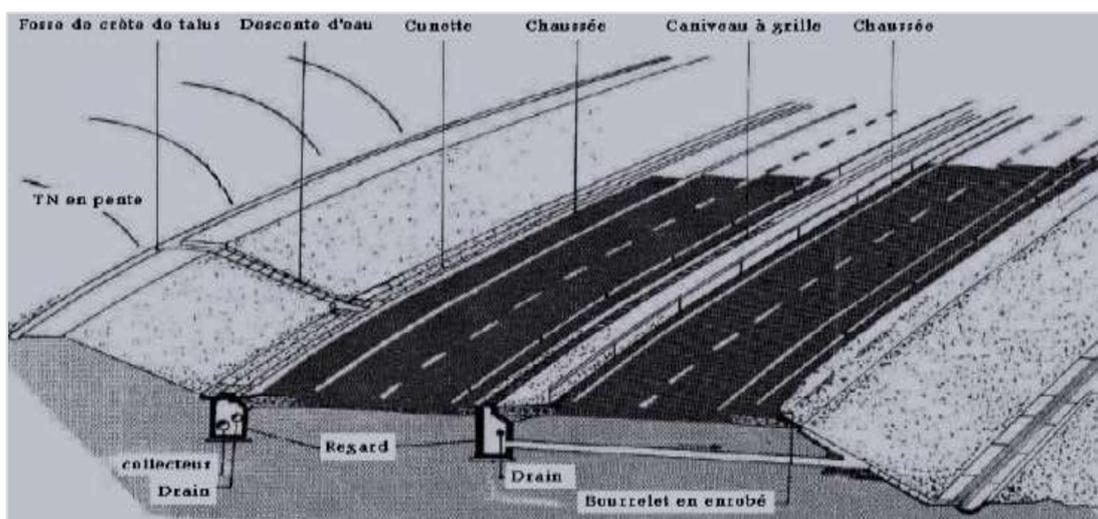


Figure 4.1 Différents termes hydrauliques (SETRA, 2006)

4.2.3 Étude Hydrologique

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 :

4.2.3.1 Choix de la fréquence de pluie

Ce choix dépend du coût d'investissement de l'ouvrage de rétablissement et des conséquences d'un débordement pour l'utilisateur et les ouvrages routiers. Pour notre étude on adopte les fréquences suivantes :

a. Rétablissement des écoulements naturels :

- Dimensionnement des buses pour une période de retour de 50 ans.
- Dimensionnement des dalots pour une période de retour de 100 ans.

b. Collecte des eaux superficielles :

- Dimensionnement des fossés pour une période de retour de 10 ans.

4.2.3.2 Superficie des bassins versants

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes.

Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- Les longueurs de thalweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km.
- La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du thalweg par longueur **L**.
- Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km².

4.2.3.3 Estimation du débit d'apport

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle : (SETRA, 2006)

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A \quad (4.1)$$

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I_t : Intensité de la pluie exprimée mm /h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale à 2,778.

A : Aire du bassin d'apport (ha).

4.2.3.4 Calcul de l'intensité de pluie I_t

L'intensité est calculée par la formule suivante :

$$I_t = I \left(\frac{tc}{24} \right)^\beta \quad (4.2)$$

Avec : $\beta = b - 1$

I : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : temps de concentration (h).

a. L'intensité horaire I

$$I = \frac{P_j}{24} \quad (4.3)$$

Avec :

P (t) : Hauteur de la pluie de durée tc (mm).

b. Temps de concentration t_c

$$\text{Lorsque } A < 5 \text{ km}^2 : \quad t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (4.4)$$

$$\text{Lorsque } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2 : \quad t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \quad (4.5)$$

$$\text{Lorsque } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2 : \quad t_c = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5 \times L)}{0.8\sqrt{H}} \quad (4.6)$$

Où

t_c : Temps de concentration (**heure**).

A : Superficie du bassin versant (**km²**).

L : Longueur de bassin versant (**km**).

P : Pente moyenne du bassin versant (**m.p.m**).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (**m**).

4.2.3.5 Pluie journalière maximale annuelle P_j

Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON.

$$P_j(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \times e^{U\sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}} \quad (4.7)$$

Avec

$P_{j\text{moy}}$: pluie moyenne maximum journalière.

Cv : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Tableau 4.1 Variation de GAUSS. (SETRA, 2006)

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour(an)	2	5	10	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.84	1.28	2.05	2.375

4.2.3.6 Coefficient de ruissellement

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau 4.2 Coefficient de ruissellement (SETRA, 2006)

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.90
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25

4.2.3.7 Débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler : (SETRA, 2006)

$$Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \quad (4.8)$$

Avec :

S_m : section mouillée.

K_{ST} : coefficient de STRICKLER.

$K_{ST} = 70$ pour les dalots.

$K_{ST} = 80$ pour les buses.

R_H : rayon hydraulique (m) $R = S_m / p_m$.

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

4.2.3.8 Dimensionnement des buses

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s .

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

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

Avec :

$$S_m : \text{section mouillée, } S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2 \quad (4.9)$$

$$R_H : \text{rayon hydraulique, } R_H = \frac{R}{2} \quad (4.10)$$

$K_{st} = 80$ pour les buses en béton.

J : la pente de pose égale la pente de profil en travers.

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

$Q_s = Q_a$ On trouve :

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/2} \times Q_s}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} \quad (4.11)$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse = $2R$.

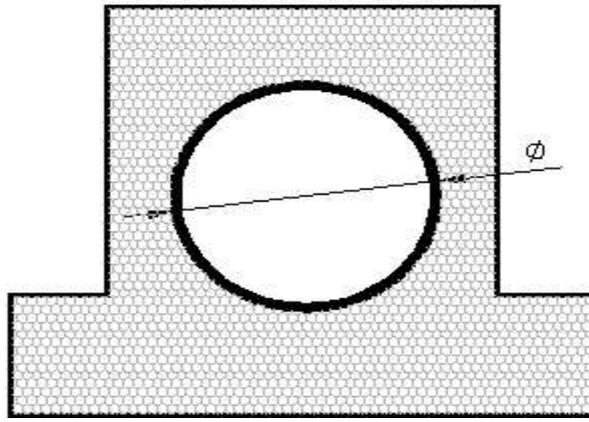


Figure 4.2 Buse

4.2.3.9 Dimensionnement des dalots

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot. On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8 h$.

On a :

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L \quad (4.12)$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L \quad (4.13)$$

$$\text{Rayon hydraulique: } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \quad (4.14)$$

$$Q_a = Q_s = S_m \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

$$Q_s = K_{ST} \times J^{1/2} \times (0.8 \times h \times L) \times \left(\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right)^{2/3}$$

Avec

$K_{st} = 70$ (dalot en béton).

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = 70 \times J^{1/2} \times (0.8 \times h \times L) \times \left(\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L} \right)^{2/3} \quad (4.15)$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

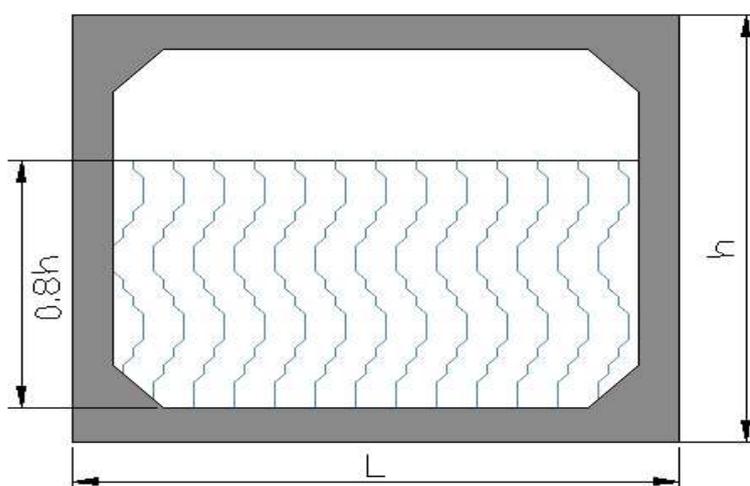


Figure 4.3 Dalot

4.2.3.10 Dimensionnement des fossés

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour notre étude on adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous.

On fixe la base de la fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($p=1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

a. Calcul de la surface mouillée

$$S_m = (b \times h) + 2 \left(\frac{e \times h}{2} \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où} \quad e = n \times h$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2)$$

$$S_m = h \times [b + (n \times h)] \quad (4.16)$$

b. Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2B$$

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

$$\text{Alors : } P_m = b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2} \quad (4.17)$$

c. Calcul le rayon hydraulique

$$R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}} \quad (4.18)$$

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 :

$$Q_a = Q_s \Rightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times KST \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

$$Q_a = KST \times h \times [b + (n \times h)] \times \left(\frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1 + n^2}} \right) \times j^{1/2} \quad (4.19)$$

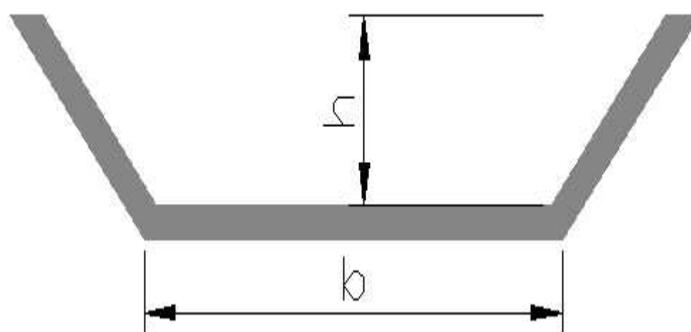


Figure 4.4 Fossé

4.3 CARREFOURS

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.

L'aménagement des carrefours tend à permettre que ce courant puisse se succéder :

- Sans risque de collision.
- En réduisant au minimum la gêne causée aux véhicules fréquentant le carrefour.
- En laissant subsister des possibilités suffisantes dans les diverses directions.

4.3.1 Types de carrefours

4.3.1.1 Carrefour à trois branches (en T)

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

4.3.1.2 Carrefour à trois branches (en Y)

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

4.3.1.3 Carrefour à quatre branches (en croix)

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

4.3.1.4 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

4.3.2 Principes généraux d'aménagements d'un carrefour

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Éviter si possible les carrefours à feux bicolores.

4.3.2.1 La visibilité

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

4.3.2.2 Triangle de visibilité

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit.

- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

4.3.2.3 Les Îlots

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les vois de circulation.

4.4 SIGNALISATION

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

Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

4.4.1 Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

4.4.1.1 Caractéristiques générales des marques

a. Couleur des marques de chaussée

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

b. Largeur des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, on adopte les valeurs suivantes pour « U » :

U = 7.5 cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines « trafic > 3000 v/j ».

U = 5 cm pour les autres routes.

U = 3 cm pour piste cyclable.

En ce qui suit les différentes lignes longitudinales résumées dans le tableau 4.3.

Tableau 4.3 Lignes longitudinales

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne de rive trait 3m, intervalle 3,50m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm

Les type de modulation des lignes sont illustrés dans la figure 4.5.

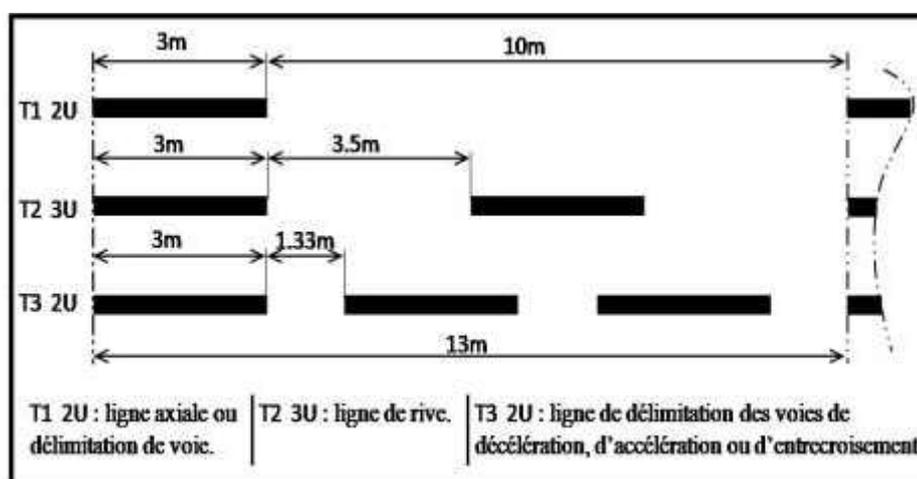


Figure 4.5 Type de modulation

Les différentes caractéristiques des lignes discontinues sont montrées dans Le tableau 4.4.

Tableau 4.4 Caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle sur 2 traits successifs	Rapport plein/vide
Axial Longitudinal	T1	3	10	1/3
	T'1	1.5	5	1/3
	T3	3	1.33	3
Rive	T2	3	3.5	1
	T'3	20	6	3
	T4	39	13	3
Transversal	T'2	0.5	0.5	1

4.4.1.2 Les caractéristiques des lignes discontinues

a. Lignes transversales

Ligne "STOP", largeur de 50 cm.

Ligne "Cédez le Passage" largeur de T'2.

b. Les flèches

Flèches de rabattement.

Flèches de sélection unidirectionnelle.

Flèches de sélection bidirectionnelle.

c. Autres marques

Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.

Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

4.4.2 Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

4.4.2.1 Signaux de danger

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler.

4.4.2.2 Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

4.4.2.3 Signaux à simple indication

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

4.4.2.4 Signaux de position des dangers

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

4.5 APPLICATION AU PROJET

4.5.1 Assainissement

4.5.1.1 Données pluviométriques de la région de Tlemcen

La région de TLEMEN est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

D'après les observations effectuées à la station météorologiques on a :

- Pluie moyenne journalière $P_j = 55 \text{ mm}$.
- L'exposant climatique $b = 0,36$.
- Le coefficient de variation climatique $C_v = 0,37$.

4.5.1.2 Dimensionnement de fossé

a. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j

D'après la formule (4.7) on fait les calculs suivants :

Pendant 10 ans :

$U = 1.28$ (Tableau 4.1), $C_v = 0.37$, $P_{j\text{moy}} = 55$ mm.

$$P_j(10\%) = \frac{55}{\sqrt{0.37^2 + 1}} \times e^{1.28\sqrt{\ln(0.37^2 + 1)}} \quad \Rightarrow \quad P_j(10\%) = 81.71 \text{ mm}$$

b. L'intensité horaire I

D'après la formule (4.3), on calcule l'intensité :

Pour : $P_j(10\%) = 81.71$ mm

$$I(10\%) = \frac{P_j(10\%)}{24} = \frac{81.71}{24} \quad \Rightarrow \quad I(10\%) = 3.40 \text{ mm/h}$$

c. Calcul de la surface du bassin versant

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnées pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$A_C = 7 \times 100.10^{-4} = 0,070$ ha (Surface de chaussée).

$A_A = 3 \times 100.10^{-4} = 0,030$ ha (Surface d'accotement de deux cotés).

$A_T = 4 \times 100.10^{-4} = 0,04$ ha (Surface de talus).

$A_{T\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.07 + 0.015 + 0.04 = 0.125$ ha

d. Calcul des débits d'apport

D'après la formule (4.4), on calcule le temps de concentration et (4.2), on calcule l'intensité et (4.1), on calcule le débit d'apport :

1 Le débit apporté par la chaussée.

$C = 0.90$ (Tableau 4.2), $P = 2.5$ %, $I(10\%) = 3.40$ mm/h, $A = 0.07$ ha.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A_C}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,07}{0,025}} \quad \Rightarrow \quad t_c = 0,2125 \text{ h}$$

$$I_t = I(10\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.40 \left(\frac{0.212}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 70.13 \text{ mm/h}$$

Alors :

$$Q_a = 2,778 \times 0,90 \times 70.13 \times 0,07 \Rightarrow Q_a \text{ (Chaussée)} = 0.0122 \text{ m}^3/\text{s}$$

2 Le débit apporté par l'accotement

C = 0,30 (Tableau 4.2), P = 4 %, I (10%) = 3.40 mm/h, A = 0.015 ha.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A_A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.03}{0.04}} \Rightarrow t_c = 0.11 \text{ h}$$

$$I_t = I(10\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.40 \left(\frac{0.11}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 106.73 \text{ mm/h}$$

Alors :

$$Q_a = 2,778 \times 0,30 \times 106.73 \times 0,03 \Rightarrow Q_a \text{ (Accotement)} = 0.00266 \text{ m}^3/\text{s}$$

3 Le débit apporté par le talus

C = 0.25 (Tableau 4.2), P = 100 %, I (10%) = 3.40 mm/h, A = 0.04 ha.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A_T}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.04}{1}} \Rightarrow t_c = 0.0102 \text{ h}$$

$$I_t = I(10\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3.4 \left(\frac{0.0102}{24}\right)^{0.36-1} \Rightarrow I_t = 489 \text{ mm/h}$$

Alors

$$Q_a = 2,778 \times 0,25 \times 489 \times 0,04 \Rightarrow Q_a \text{ (Talus)} = 0.0135 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc le débit total d'apport est de :

$$Q_a = 0.0122 + 0.00266 + 0.0135 \Rightarrow Q_a = 0.0283 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau 4.5 Récapitulatif des résultats de débit d'apport

	Surface (ha)	Coeff. « C »	Intensité (mm/h)	Débit (m ³ /s)	Total (Q _a) (m ³ /s)
Chaussée	0.07	0.9	70.13	0.0122	0.02836
Accotement	0.03	0.35	106.73	0.00266	
Talus	0.04	0.25	489	0.0135	

D'après ces résultats on calcul la hauteur du fossé par la formule (4.19) :

Avec $J = 100 \%$, $K_{ST} = 30$, $b = 0,5 \text{ m}$

$$0.02836 = 30 \times h \times [0.5 + (1.5 \times h)] \times \left(\frac{h \times [0.5 + (1.5 \times h)]}{0.5 + 2 h \times \sqrt{1 + 1.5^2}} \right) \times 1^{\frac{1}{2}}$$

D'après le calcul itératif on prend $h = 0.50 \text{ m}$.

Dimensions retenues du fossé sont : $b = h = 50 \text{ cm}$.

4.5.2 Carrefours

Pour notre cas on adopte pour l'itinéraire quatre carrefours dont 3 à sens giratoire et un en T, qui sont aménagés comme suit :

- Un carrefour giratoire avec trois branches au PK 14 + 00 de la RN99 et au PK00+00 de l'évitement.
- Un carrefour giratoire avec quatre branches au PK 67 + 400 de CW38 et au PK 01+75 de l'évitement.
- Un carrefour giratoire avec quatre branches au PK 01+606 de l'évitement
- Un carrefour en T de trois branches au PK 01+500 de CW100 et au PK 3+024 de l'évitement.

Les paramètres des carrefours giratoires (Figure 4.6) implantées dans notre projet sont : (SETRA, 1998)

- Le rayon de giration **Rg = 15 m.**
- Largeur de l'anneau **La = 7 m.**
- Sur largeur roulable **Sla = 1,5 m.**
- Rayon intérieur **Ri = 6,5 m.**
- Rayon d'entrée **Re = 15 m.**
- Largeur de la voie entrante **Le = 4 m.**
- Rayon de sortie **Rs = 20 m.**
- Largeur de la voie sortante **Ls = 4 m.**
- Rayon de raccordement **Rr= 60 m.**

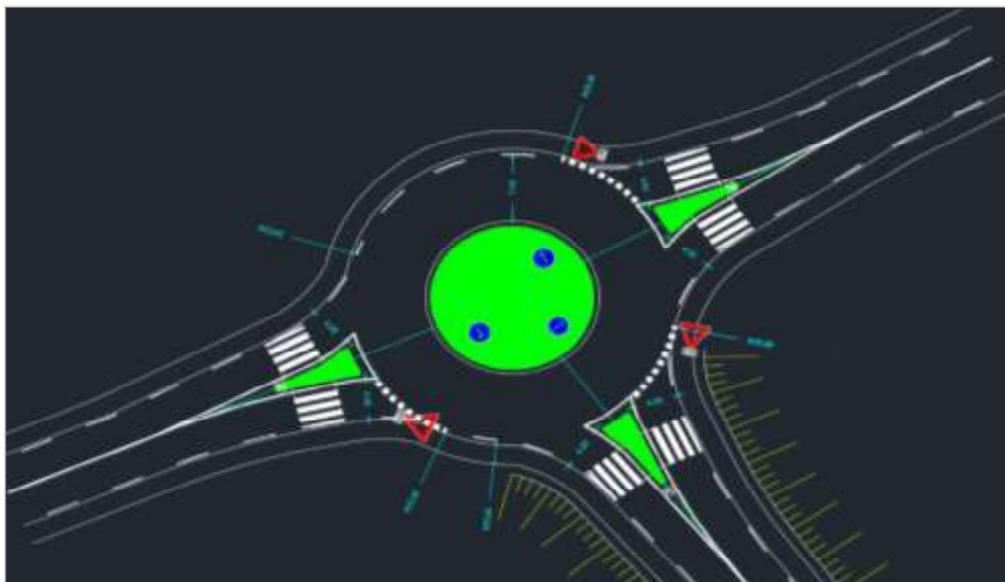


Figure 4.6 Carrefour giratoire

Les paramètres des carrefours en T (figure 4.7) implantées dans notre projet sont : (SETRA, 1998).

- Hauteur de triangles de construction **H = 28 m.**
- Base de triangles de construction **B = 14 m.**
- Demi-base de triangle de construction coté sortie **b1 = 3.85 m.**
- Demi-base de triangle de construction coté entrée **b2 = 10.15 m.**
- Rayon de l'îlot en sortie à gauche **Ris = 14 m.**
- Rayon de l'îlot en entrée à gauche **Rie = 14 m.**
- Rayon de raccordement à L'îlot en entrée **Rre = 56 m.**
- Rayon de raccordement à L'îlot en sortie **Rrs = 110 m.**
- Rayon de sortie vers la voie secondaire à gauche **Rs = 28 m.**
- Rayon d'entrée vers la voie principale à droite **Re = 14 m.**
- Longueur de la voie de sortie **Ls = 4 m.**
- Longueur de la voie d'entrée **Le = 3.5 m.**

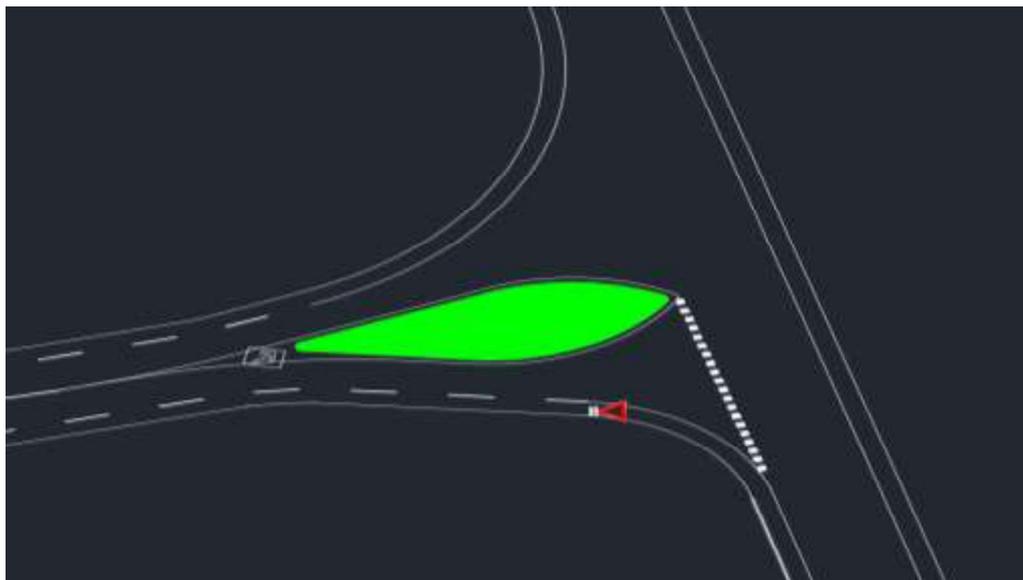


Figure 4.7 Carrefour en T

4.5.3 Signalisation

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :
(Signalisation routière, 1974)

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

Pour les routes et voies urbaines : $U = 6 \text{ cm}$.

4.6 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

nous présentons en ce qui suit le devis quantitatif et estimatif de notre projet sous un tableau : (DTP, 2015)

Tableau 4.6 Devis quantitatif et estimatif

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF					
PROJET : Étude d'évitement de la ville de Nedroma					
N°	DESIGNATION	Unité	Quantités	P,U DA	Montant
SECTION 1. TERRASSEMENT ET PREPARATION DU TERRAIN					
1	Décapage terrain végétal sur 0,2 m	M3	12145,27	700	8501685,5
2	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M3	33839,54	800	27071632
3	Déblais mis en remblais	M3	121412,8	1200	145695371
4	Remblais en provenance d'emprunts	M3	0	800	0
Total section 1					181268688
SECTION 2. CORPS DE CHAUSSÉE					
5	Couche de roulement en (Béton bitumineux)	M3	1260	5000	6300000
6	Couche de base en (Grave bitume)	M3	2100	4500	9450000
7	Couche de fondation en (grave non traité)	M3	3150	1800	5670000
8	Couche de forme en (tuf)	M3	8400	1200	10080000
Total section 2					31500000
SECTION 3. Signalisation & Équipements routiers					
9	Signalisation horizontale	F			1367380
10	Signalisation verticale	F			435000
11	Glissière de sécurité	ML	1111,179	8000	8889432
12	Assainissements (fossé)	F			3648000
Total section 3					14339812
SECTION 4. Travaux supplémentaires					
13	Installation de chantier	F			1000000
Total section 4					1000000
TOTAL PROJET					228108500

Le devis est estimé à une somme de :

Deux Cent Vingt Huit Millions Cent Huit Milles Cinq Cent Dinars Algérien.

4.7 CONCLUSION

Dans le chapitre ici présent, il était question de traiter l'assainissement, le carrefour et la signalisation ; nous avons trouvé comme résultats un fossé de forme trapézoïdal pour l'assainissement et trois carrefours de sens giratoire et un carrefour en T.

Conclusion générale

Une route constitue un trait d'union entre les territoires et entre les gens qui les vivent. Aussi, relier les deux villes est une sorte d'entreprise importante et ambitieuse. En effet, passer du constat de la nécessité d'une nouvelle liaison routière à sa réalisation requiert des convictions fortes, partagées, mais aussi et avant tout de la patience et du respect entre les acteurs, nombreux et complexes, engagés dans cette entreprise.

À travers ce mémoire, l'étude est menée avec soin dans la mesure où nous avons pris en considération tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier en tenant compte du confort et de la sécurité des usagers, ainsi que de toutes les lois en vigueur et les techniques utilisées au niveau national en dépit des multitudes de références mises en place au niveau international.

Les résultats trouvés dans cette étude étaient le fruit des calculs effectués grâce à différentes méthodes : on parle ici de méthodes semi empiriques (la méthode CBR, la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) ainsi que de la méthode rationnelle servant du logiciel de dimensionnement Alizé-LCPC et enfin du logiciel COVADIS.

Bibliographie

- B40. (1977). Normes Techniques d'Aménagements des Routes. Algérie: Ministère des travaux publics.
- Bastien, P. (2013). Modélisations multivoies du trafic routier. Mémoire de Master 2, Mémoire de Master 2 Université de Nice Sophia-Antipolis .
- CEREMA. (2018). Guide technique d'aménagement des fortes pentes.
- CTTP. (2001). Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. Algérie.
- CTTP fascicule 1. (2001). Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves-fascicule 1- Algérie, Algérie.
- CTTP fascicule 2. (2001). Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves-fascicule 2- Algérie, Algérie.
- CTTP fascicule 3. (2001). Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves-fascicule 3- Algérie, Algérie.
- Derfouf, Y., & Berrahou, I. (2016). Étude technique et Étude managériale d'un projet routier« Évitement de la RN7-A- du PK50+300 jusqu'à Marsa Ben M'Hidi sur 5 km ». Mémoire de master IBG, Université Aboubaker Belkaid, Tlemcen.
- DTP. (2015). Direction des travaux publics. Tlemcen.
- Fodil, A., & Mostafai, F. (2013). Étude de dédoublement de la RN101 entre SIDI BEL ABBES et AIN TEMOUCHENT sur une longueur de 10 Km. Mémoire de Master GC, Université de Tlemcen.
- GEOMEDIA. (2019). Consulté le Avril 15, 2019, sur COVADIS logiciel de topographie, de terrassement, d'infrastructure VRD et de génie civil: <https://www.geomedia.com/solutions/logiciel-covadis>.

- Google Earth. (2019). Google Earth, 2018. Consulté le 03 18, 2019, sur <https://www.google.com/intl/fr/earth/>
- GTR. (2000). Guide des terrassements routier-Réalisation des remblais et des couches de forme -fascicule 1-. France : SETRA-LCPC.
- Handaoui, Y., & Hammoum, H. (2008). Etude de modernisation de la RN25 sur un linéaire de 9 Km. Projet de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en TP, Ecole national des travaux publics, Alger.
- ICTAAL. (2000). Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. France: SETRA.
- LCPC, & SETRA. (1998). Assises de chaussées-Guide d'application des normes pour le réseau routier national. Paris.
- Phillippe, C. (2014). Guide technique de Conception d'un projet routier. Eyrolles.
- Rahmani, H., & Kaddar, F. (2013). Etude de modernisation, Réhabilitation et de l'impact sur l'environnement de la RN 02 sur 3KM. Mémoire pour l'obtention de diplôme de master Génie Civil -IBG-, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.
- Rezni, Y. (2012). Étude d'une route reliant le village Haraza à RN06. Mémoire de Master TP , Université Tlemcen.
- SETRA. (1992). Guide des études de trafic interurbain. France: Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes.
- SETRA. (1998). Guide technique d'aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales.
- SETRA. (2006). Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes.
- SETRA. (2006). Guide technique d'assainissement routier. Paris.
- SETRA;LCPC. (1998). Catalogue des structures types de chaussées neuves.

Signalisation routière. (1974). Algérie: Ministère de l'Intérieur et de transport.

Talbi, H., & Benamara, M. (2017). Raccordement routier sur 2 KM auprès des deux ouvrages d'art sur oued KHEBAZA au PK255 de la RN06 Wilaya de Naama. Mémoire de Master IBG-TP , Université de Tlemcen.

Yamine, N. (2016). La Médina de Nédroma, Étude du vieux bâti. Mémoire de magister en Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Oran 2.

Annexe A

Annexe A

COVADIS - LISTING DE L'AXE EN PLAN DU PROJET

Nom du dessin : C:\Users\Micro\Desktop\Axe en plan
 Nom du listing : E:\pfe\PFfe final\Word\fin\Évitement de Nedroma_Axe.rtf
 Date du listing : 18/03/2019 à 01 :15 :16

Éléments d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
			0.0000	612795.2884	3876342.3745
Alignement droit		416.9330			
Gisement	260.0882				
			416.9330	612457.6433	3876097.7750
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	-179.1000				
			508.5811	612385.8946	3876040.8654
Arc de cercle		263.3504			
X Centre	612626.4733				
Y Centre	3875786.6571				
Rayon	350.0000				
			771.9315	612277.1139	3875807.8219
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	179.1000				
			863.5795	612279.5662	3875716.2765
Alignement droit		149.0431			
Gisement	195.5171				
			1012.6226	612290.0529	3875567.6028
Arc de cercle		92.7929			
X Centre	611990.7964				
Y Centre	3875546.4949				
Rayon	300.0000				
			1105.4154	612282.2766	3875475.5071
Alignement droit		152.8078			
Gisement	215.2083				
			1258.2232	612246.1184	3875327.0390
Arc de cercle		120.5655			
X Centre	612537.5986				
Y Centre	3875256.0512				
Rayon	300.0000				
			1378.7887	612241.5748	3875207.3695
Alignement droit		195.4809			
Gisement	189.6235				
			1574.2695	612273.2960	3875014.4795
Arc de cercle		32.6864			
X Centre	611977.2722				
Y Centre	3874965.7977				
Rayon	300.0000				
			1606.9559	612276.8343	3874982.0015
Alignement droit		219.7154			
Gisement	196.5598				
			1826.6713	612288.7017	3874762.6068
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	-179.1000				

Annexe A

Éléments d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
			1918.3193	612297.6323	3874671.4651
Arc de cercle		177.7709			
X Centre	612641.6623				
Y Centre	3874735.8341				
Rayon	350.0000				
			2096.0902	612372.3692	3874512.2693
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	179.1000				
			2187.7383	612436.7854	3874447.1761
Alignement droit		438.5413			
Gisement	148.7979				
			2626.2796	612752.6809	3874142.9910
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	179.1000				
			2717.9276	612815.8139	3874076.6526
Arc de cercle		90.1024			
X Centre	612542.2072				
Y Centre	3873858.3882				
Rayon	350.0000				
			2808.0300	612862.3679	3873999.7993
Clothoïde		91.6480			
Paramètre	-179.1000				
			2899.6780	612891.9245	3873913.1219
Alignement droit		125.1757			
Gisement	181.8567				
			3024.8537	612927.1179	3873792.9954
Longueur totale		3024.8537			

COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET
--

Nom du dessin : C:\Users\Micro\Desktop\Axe en plan
 Nom du listing : E:\pfe\PFfe final\Word\fin\listing profil en long.rtf
 Date du listing : 18/03/2019 à 02 :03 :11
 Profil en long : 1
 Courbe projet : Proj 1

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X, Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	231.947	612795.288, 3876342.374	231.947
Rampe = 5.813 %	236.323	236.722				
			236.323	245.686	612603.907, 3876203.732	247.500
Arc de parabole	199.678	199.836				
Rayon =-5000.0000						
			436.001	253.307	612442.223, 3876086.559	251.920
Rampe = 1.820 %	99.975	99.991				
			535.975	255.126	612366.755, 3876021.276	254.793
Arc de parabole	28.049	28.057				
Rayon = 2400.0000						
			564.025	255.800	612348.806, 3875999.732	255.775
Rampe = 2.989 %	166.426	166.501				
			730.451	260.774	612282.067, 3875848.981	260.180
Arc de parabole	41.778	41.810				
Rayon = 2400.0000						
			772.229	262.386	612277.096, 3875807.525	261.477
Rampe = 4.729 %	272.087	272.391				
			1044.316	275.254	612290.610, 3875535.929	273.116
Arc de parabole	20.694	20.721				
Rayon = 2400.0000						
			1065.009	276.322	612289.169, 3875515.290	274.015
Rampe = 5.592 %	257.368	257.770				
			1322.378	290.713	612237.693, 3875263.564	285.285
Arc de parabole	164.939	165.075				
Rayon =-5000.0000						
			1487.317	297.215	612259.186, 3875100.280	292.816
Rampe = 2.293 %	176.043	176.089				

Annexe A

Arc de parabole	173.281	173.620				
Rayon = 2400.0000						
			1836.641	311.479	612289.245, 3874752.652	309.643
Rampe = 9.513 %	477.233	479.387				
			2313.873	356.878	612527.645, 3874359.685	356.614
Arc de parabole	3.843	3.861				
Rayon = 2400.0000						
			2317.716	357.246	612530.413, 3874357.019	357.507
Rampe = 9.673 %	707.137	710.438				
			3024.854	425.647	612927.118, 3873792.995	425.647
Longueur totale	3024.854					

COVADIS - LISTING DES TABULATIONS ET DES PENTES DE DEVERS DU PROJET
--

Nom du dessin : C:\Users\Micro\Desktop\Axe en plan

Nom du listing : E:\pfe\PFfe final\Word\fin\Évitement de Nedroma_axe.rtf

Date du listing : 18/03/2019 à 03 :15 :16

=====

TABEAU RECAPITULATIF DES TABULATIONS ET DES PENTES DE DEVERS

=====

N° P.T.	Abscis. profil	Elément Axe Pro	Altitude T.N.	Altitude Projet	Abscisse (X)	Ordonnée (Y)	D E V E R S	
							Gauche	Droit
1	0.000	AD AD+	231.947	231.947	612795.29	3876342.37	-2.500	-2.500
2	50.000	AD AD+	241.139	234.854	612754.80	3876313.04	-2.500	-2.500
3	100.000	AD AD+	243.331	237.761	612714.31	3876283.71	-2.500	-2.500
4	150.000	AD AD+	245.537	240.667	612673.81	3876254.37	-2.500	-2.500
5	200.000	AD AD+	246.751	243.574	612633.32	3876225.04	-2.500	-2.500
6	250.000	AD RP	247.834	246.465	612592.83	3876195.71	-2.500	-2.500
7	300.000	AD RP	248.940	248.997	612552.34	3876166.38	-2.500	-2.500
8	350.000	AD RP	250.366	251.028	612511.85	3876137.04	-2.500	-2.500
9	400.000	AD RP	251.405	252.560	612471.36	3876107.71	-2.500	-2.500
10	416.933	Clo RP	251.666	252.965	612457.64	3876097.78	-5.580	-5.580
11	450.000	Clo AD+	252.087	253.614	612430.98	3876078.22	-5.580	-5.580
12	500.000	Clo AD+	253.448	254.547	612392.20	3876046.69	-5.580	-5.580
13	508.581	Arc AD+	253.743	254.707	612385.89	3876040.87	+5.580	-5.580
14	550.000	Arc RP	255.381	255.500	612357.56	3876010.68	-5.580	-5.580
15	600.000	Arc AD+	256.249	256.923	612328.41	3875970.12	+5.580	-5.580
16	650.000	Arc AD+	257.844	258.401	612305.33	3875925.81	+5.580	-5.580
17	700.000	Arc AD+	259.465	259.880	612288.79	3875878.67	+5.580	-5.580
18	750.000	Arc RP	260.536	261.441	612279.12	3875829.66	+5.580	-5.580
19	771.931	Clo RP	261.464	262.372	612277.11	3875807.82	-5.580	-5.580
20	800.000	Clo AD+	262.570	263.700	612276.43	3875779.77	-5.580	-5.580
21	850.000	Clo AD+	264.598	266.064	612278.62	3875729.82	-5.580	-5.580
22	863.580	AD AD+	265.155	266.706	612279.57	3875716.28	-2.500	-2.500
23	900.000	AD AD+	266.743	268.429	612282.13	3875679.95	-2.500	-2.500
24	950.000	AD AD+	269.144	270.793	612285.65	3875630.07	-2.500	-2.500
25	1000.000	AD AD+	271.288	273.158	612289.16	3875580.19	-2.500	-2.500
26	1012.623	Arc AD+	271.810	273.755	612290.05	3875567.60	+6.170	-6.170
27	1050.000	Arc RP	273.350	275.530	612290.36	3875530.25	+6.170	-6.170
28	1100.000	Arc AD+	275.470	278.278	612283.51	3875480.78	+6.170	-6.170
29	1105.415	AD AD+	275.727	278.581	612282.28	3875475.51	-2.500	-2.500
30	1150.000	AD AD+	277.483	281.074	612271.73	3875432.19	-2.500	-2.500
31	1200.000	AD AD+	279.583	283.870	612259.90	3875383.61	-2.500	-2.500
32	1250.000	AD AD+	281.576	286.666	612248.06	3875335.03	-2.500	-2.500
33	1258.223	Arc AD+	282.025	287.125	612246.12	3875327.04	+6.170	-6.170
34	1300.000	Arc AD+	284.127	289.461	612239.09	3875285.89	+6.170	-6.170
35	1350.000	Arc RP	286.692	292.181	612238.27	3875235.96	+6.170	-6.170
36	1378.789	AD RP	288.141	293.549	612241.57	3875207.37	-2.500	-2.500
37	1400.000	AD RP	289.125	294.450	612245.02	3875186.44	-2.500	-2.500
38	1450.000	AD RP	291.209	296.220	612253.13	3875137.10	-2.500	-2.500

Annexe A

39	1500.000	AD	AD+	293.355	297.506	612261.24	3875087.76	-2.500	-2.500
40	1550.000	AD	AD+	295.625	298.652	612269.36	3875038.43	-2.500	-2.500
41	1574.270	Arc	AD+	296.687	299.208	612273.30	3875014.48	+6.170	-6.170
42	1600.000	Arc	AD+	297.816	299.798	612276.38	3874988.94	+6.170	-6.170
43	1606.956	AD	AD+	298.156	299.958	612276.83	3874982.00	-2.500	-2.500
44	1650.000	AD	AD+	300.105	300.945	612279.16	3874939.02	-2.500	-2.500
45	1700.000	AD	RP	302.784	302.368	612281.86	3874889.09	-2.500	-2.500
46	1750.000	AD	RP	305.490	304.794	612284.56	3874839.17	-2.500	-2.500
47	1800.000	AD	RP	307.556	308.262	612287.26	3874789.24	-2.500	-2.500
48	1826.671	Clo	RP	309.090	310.538	612288.70	3874762.61	-5.580	-5.580
49	1850.000	Clo	AD+	310.384	312.733	612290.03	3874739.32	-5.580	-5.580
50	1900.000	Clo	AD+	312.808	317.481	612294.70	3874689.55	-5.580	-5.580
51	1918.319	Arc	AD+	313.769	319.220	612297.63	3874671.47	+5.580	-5.580
52	1950.000	Arc	AD+	315.675	322.229	612304.86	3874640.63	+5.580	-5.580
53	2000.000	Arc	AD+	317.960	326.977	612321.84	3874593.65	+5.580	-5.580
54	2050.000	Arc	AD+	321.174	331.724	612345.35	3874549.56	+5.580	-5.580
55	2096.090	Clo	AD+	324.255	336.101	612372.37	3874512.27	-5.580	-5.580
56	2100.000	Clo	AD+	324.505	336.472	612374.88	3874509.27	-5.580	-5.580
57	2150.000	Clo	AD+	327.633	341.220	612409.29	3874473.02	-5.580	-5.580
58	2187.738	AD	AD+	330.377	344.804	612436.79	3874447.18	-2.500	-2.500
59	2200.000	AD	AD+	333.192	345.968	612445.62	3874438.67	-2.500	-2.500
60	2250.000	AD	AD+	344.287	350.716	612481.63	3874403.99	-2.500	-2.500
61	2300.000	AD	AD+	353.516	355.533	612517.65	3874369.31	-2.500	-2.500
62	2350.000	AD	AD+	364.624	360.369	612553.67	3874334.63	-2.500	-2.500
63	2400.000	AD	AD+	372.392	365.206	612589.68	3874299.95	-2.500	-2.500
64	2450.000	AD	AD+	378.654	370.042	612625.70	3874265.26	-2.500	-2.500
65	2500.000	AD	AD+	384.213	374.878	612661.72	3874230.58	-2.500	-2.500
66	2550.000	AD	AD+	392.177	379.715	612697.73	3874195.90	-2.500	-2.500
67	2600.000	AD	AD+	397.921	384.551	612733.75	3874161.22	-2.500	-2.500
68	2626.280	Clo	AD+	401.090	387.093	612752.68	3874142.99	-5.580	-2.500
69	2650.000	Clo	AD+	403.244	389.388	612769.72	3874126.49	-5.580	-2.500
70	2700.000	Clo	AD+	406.764	394.224	612804.30	3874090.39	-5.580	-2.500
71	2717.928	Arc	AD+	408.370	395.958	612815.81	3874076.65	-5.580	-5.580
72	2750.000	Arc	AD+	410.622	399.061	612834.64	3874050.70	-5.580	-5.580
73	2800.000	Arc	AD+	413.403	403.897	612859.04	3874007.11	-5.580	-5.580
74	2808.030	Clo	AD+	413.192	404.674	612862.37	3873999.80	-5.580	-2.500
75	2850.000	Clo	AD+	411.939	408.734	612877.35	3873960.61	-5.580	-2.500
76	2899.678	AD	AD+	411.390	413.539	612891.92	3873913.12	-2.500	-2.500
77	2900.000	AD	AD+	411.395	413.570	612892.02	3873912.81	-2.500	-2.500
78	2950.000	AD	AD+	418.909	418.407	612906.07	3873864.83	-2.500	-2.500
79	3000.000	AD	AD+	421.154	423.243	612920.13	3873816.85	-2.500	-2.500

=====

COVADIS PROJET - LISTING RECAPITULATIF DU CALCUL D'UN PROJET ROUTIER
--

Nom du dessin courant : C:\Users\Micro\Desktop\Evitement de Nedroma.dwg
 Date du calcul : 11/05/2019 à 18:42:00
 Profil en long numéro : 1

=====

RECAPITULATIF DU CALCUL DES CUBATURES DE DEBLAI, DE REMBLAI ET DE DECAPAGE

=====

Surface totale de décapage = 60726.327 m²
 Volume total de décapage = 12145.265 m³
 Volume total de déblai = 155252.356 m³
 Volume total de remblai = 121412.809 m³

#####

=====

TABLEAU RECAPITULATIF DES CUBATURES DE DEBLAI ET REMBLAI PAR PROFIL

=====

Volume total de déblai = 155252.356 m³
 Volume total de remblai = 121412.809 m³

N° P.T.	Abscis. profil	Longu. appli.	D E B L A I S			R E M B L A I S		
			Surf.	Volume	V.cumul.	Surf.	Volume	V.cumul.
1	0.000	25.000	12.271	306.782	306.782	0.029	0.730	0.730
2	50.000	50.000	124.879	6243.926	6550.708	0.000	0.000	0.730
3	100.000	50.000	107.353	5367.635	11918.344	0.000	0.000	0.730
4	150.000	50.000	90.995	4549.753	16468.097	0.000	0.000	0.730
5	200.000	50.000	55.623	2781.165	19249.262	0.000	0.000	0.730
6	250.000	50.000	24.016	1200.812	20450.073	0.000	0.000	0.730
7	300.000	50.000	4.178	208.888	20658.961	0.470	23.505	24.234
8	350.000	50.000	0.013	0.651	20659.612	3.499	174.935	199.169
9	400.000	33.467	0.000	0.000	20659.612	9.347	312.804	511.973
10	416.933	25.000	0.000	0.000	20659.612	10.178	254.459	766.431
11	450.000	41.533	0.000	0.000	20659.612	13.002	540.019	1306.451
12	500.000	29.291	0.000	0.000	20659.612	7.782	227.927	1534.378
13	508.581	25.000	0.000	0.000	20659.612	8.023	200.585	1734.963
14	550.000	45.709	3.736	170.791	20830.403	0.330	15.088	1750.051
15	600.000	50.000	0.000	0.000	20830.403	4.528	226.383	1976.434
16	650.000	50.000	0.052	2.576	20832.979	3.189	159.443	2135.877
17	700.000	50.000	0.665	33.267	20866.246	2.192	109.617	2245.494
18	750.000	35.966	0.000	0.000	20866.246	6.900	248.171	2493.665
19	771.931	25.000	0.000	0.000	20866.246	5.442	136.058	2629.723
20	800.000	39.034	0.000	0.000	20866.246	7.998	312.177	2941.900
21	850.000	31.790	0.000	0.000	20866.246	12.288	390.622	3332.523

Annexe A

22	863.580	25.000	0.000	0.000	20866.246	14.414	360.359	3692.881
23	900.000	43.210	0.000	0.000	20866.246	16.231	701.361	4394.242
24	950.000	50.000	0.000	0.000	20866.246	15.727	786.339	5180.581
25	1000.000	31.311	0.000	0.000	20866.246	18.763	587.496	5768.077
26	1012.623	25.000	0.000	0.000	20866.246	21.253	531.319	6299.395
27	1050.000	43.689	0.000	0.000	20866.246	24.511	1070.851	7370.247
28	1100.000	27.708	0.000	0.000	20866.246	34.131	945.697	8315.944
29	1105.415	25.000	0.000	0.000	20866.246	33.511	837.768	9153.711
30	1150.000	47.292	0.000	0.000	20866.246	45.462	2149.982	11303.693
31	1200.000	50.000	0.000	0.000	20866.246	58.093	2904.627	14208.320
32	1250.000	29.112	0.000	0.000	20866.246	73.701	2145.558	16353.878
33	1258.223	25.000	0.000	0.000	20866.246	76.096	1902.391	18256.269
34	1300.000	45.888	0.000	0.000	20866.246	81.211	3726.649	21982.919
35	1350.000	39.394	0.000	0.000	20866.246	84.524	3329.773	25312.691
36	1378.789	25.000	0.000	0.000	20866.246	80.267	2006.673	27319.364
37	1400.000	35.606	0.000	0.000	20866.246	78.514	2795.545	30114.909
38	1450.000	50.000	0.000	0.000	20866.246	72.153	3607.627	33722.536
39	1500.000	50.000	0.000	0.000	20866.246	55.651	2782.573	36505.109
40	1550.000	37.135	0.000	0.000	20866.246	36.102	1340.639	37845.748
41	1574.270	25.000	0.000	0.000	20866.246	29.700	742.506	38588.254
42	1600.000	16.343	0.000	0.000	20866.246	21.590	352.849	38941.104
43	1606.956	25.000	0.000	0.000	20866.246	17.811	445.266	39386.370
44	1650.000	46.522	0.000	0.000	20866.246	5.564	258.851	39645.221
45	1700.000	50.000	10.192	509.593	21375.839	0.000	0.000	39645.221
46	1750.000	50.000	14.023	701.173	22077.012	0.000	0.000	39645.221
47	1800.000	38.336	0.000	0.000	22077.012	3.946	151.267	39796.488
48	1826.671	25.000	0.000	0.000	22077.012	12.056	301.393	40097.881
49	1850.000	36.664	0.000	0.000	22077.012	24.404	894.746	40992.627
50	1900.000	34.160	0.000	0.000	22077.012	63.848	2181.014	43173.642
51	1918.319	25.000	0.000	0.000	22077.012	83.763	2094.080	45267.722
52	1950.000	40.840	0.000	0.000	22077.012	108.258	4421.305	49689.026
53	2000.000	50.000	0.000	0.000	22077.012	172.021	8601.058	58290.084
54	2050.000	48.045	0.000	0.000	22077.012	218.737	10509.225	68799.309
55	2096.090	25.000	0.000	0.000	22077.012	253.400	6335.002	75134.311
56	2100.000	26.955	0.000	0.000	22077.012	257.437	6939.198	82073.509
57	2150.000	43.869	0.000	0.000	22077.012	312.588	13712.959	95786.468
58	2187.738	25.000	0.000	0.000	22077.012	341.632	8540.811	104327.279
59	2200.000	31.131	0.000	0.000	22077.012	293.930	9150.305	113477.584
60	2250.000	50.000	0.000	0.000	22077.012	102.620	5130.987	118608.570
61	2300.000	50.000	0.000	0.000	22077.012	20.804	1040.183	119648.754
62	2350.000	50.000	77.563	3878.125	25955.137	0.000	0.000	119648.754
63	2400.000	50.000	145.248	7262.398	33217.536	0.000	0.000	119648.754
64	2450.000	50.000	190.122	9506.118	42723.654	0.000	0.000	119648.754
65	2500.000	50.000	231.586	11579.307	54302.961	0.000	0.000	119648.754
66	2550.000	50.000	322.568	16128.397	70431.358	0.000	0.000	119648.754
67	2600.000	38.140	366.487	13977.734	84409.092	0.000	0.000	119648.754
68	2626.280	25.000	392.206	9805.138	94214.230	0.000	0.000	119648.754
69	2650.000	36.860	397.443	14649.832	108864.062	0.000	0.000	119648.754
70	2700.000	33.964	338.975	11512.887	120376.949	0.000	0.000	119648.754
71	2717.928	25.000	304.865	7621.626	127998.574	0.000	0.000	119648.754

Annexe A

72	2750.000	41.036	289.899	11896.343	139894.918	0.000	0.000	119648.754
73	2800.000	29.015	227.663	6605.640	146500.558	0.000	0.000	119648.754
74	2808.030	25.000	206.276	5156.907	151657.465	0.000	0.000	119648.754
75	2850.000	45.824	62.841	2879.614	154537.079	0.000	0.000	119648.754
76	2899.678	25.000	0.000	0.000	154537.079	22.558	563.947	120212.701
77	2900.000	25.161	0.000	0.000	154537.079	22.827	574.339	120787.039
78	2950.000	50.000	14.306	715.278	155252.356	1.073	53.647	120840.686
79	3000.000	25.000	0.000	0.000	155252.356	22.885	572.123	121412.809
=====								

Annexe A

 =====
 TABLEAU RECAPITULATIF DES EMPRISES ET DU DECAPAGE DU T.N.
 =====
Surface totale de décapage = 60726.327 m²Volume total de décapage = 12145.265 m³

N° P.T.	Abscis. profil	Longu. appli.	E M P R I S E			D E C A P A G E		D U Volume	T N V.cumul
			Gauche	Droite	Totale	Haut	Surf.		
1	0.000	25.000	8.000	7.556	15.556	0.20	388.91	77.781	77.781
2	50.000	50.000	12.160	13.036	25.196	0.20	1259.81	251.962	329.743
3	100.000	50.000	12.187	11.848	24.036	0.20	1201.79	240.357	570.100
4	150.000	50.000	11.442	11.195	22.637	0.20	1131.84	226.368	796.469
5	200.000	50.000	9.774	9.498	19.272	0.20	963.61	192.722	989.190
6	250.000	50.000	7.915	7.724	15.639	0.20	781.95	156.390	1145.580
7	300.000	50.000	6.625	6.557	13.182	0.20	659.10	131.820	1277.401
8	350.000	50.000	5.359	5.679	11.038	0.20	551.88	110.377	1387.778
9	400.000	33.467	5.882	6.137	12.019	0.20	402.23	80.446	1468.223
10	416.933	25.000	5.951	6.139	12.091	0.20	302.27	60.453	1528.676
11	450.000	41.533	6.139	6.372	12.511	0.20	519.61	103.923	1632.599
12	500.000	29.291	5.697	6.014	11.710	0.20	343.00	68.600	1701.199
13	508.581	25.000	6.063	5.871	11.934	0.20	298.35	59.671	1760.870
14	550.000	45.709	5.198	6.558	11.756	0.20	537.34	107.468	1868.338
15	600.000	50.000	5.864	5.479	11.343	0.20	567.17	113.433	1981.771
16	650.000	50.000	5.661	5.439	11.101	0.20	555.03	111.007	2092.778
17	700.000	50.000	5.520	5.303	10.822	0.20	541.11	108.221	2200.999
18	750.000	35.966	5.997	5.661	11.659	0.20	419.32	83.864	2284.863
19	771.931	25.000	5.651	5.655	11.306	0.20	282.65	56.531	2341.394
20	800.000	39.034	5.857	5.860	11.717	0.20	457.38	91.476	2432.870
21	850.000	31.790	6.263	6.160	12.423	0.20	394.92	78.984	2511.854
22	863.580	25.000	6.454	6.353	12.808	0.20	320.19	64.038	2575.892
23	900.000	43.210	6.616	6.470	13.085	0.20	565.42	113.084	2688.976
24	950.000	50.000	6.578	6.428	13.005	0.20	650.27	130.054	2819.030
25	1000.000	31.311	6.783	6.681	13.464	0.20	421.57	84.314	2903.344
26	1012.623	25.000	7.286	6.642	13.928	0.20	348.19	69.638	2972.982
27	1050.000	43.689	7.444	6.913	14.357	0.20	627.25	125.451	3098.433
28	1100.000	27.708	7.851	7.764	15.615	0.20	432.65	86.531	3184.964
29	1105.415	25.000	7.549	7.950	15.500	0.20	387.49	77.498	3262.462
30	1150.000	47.292	8.378	8.481	16.859	0.20	797.32	159.463	3421.925
31	1200.000	50.000	8.962	9.346	18.308	0.20	915.41	183.081	3605.007
32	1250.000	29.112	9.759	10.131	19.891	0.20	579.05	115.811	3720.817
33	1258.223	25.000	10.186	10.012	20.198	0.20	504.94	100.988	3821.805
34	1300.000	45.888	10.556	10.165	20.722	0.20	950.88	190.176	4011.982
35	1350.000	39.394	10.713	10.348	21.061	0.20	829.70	165.941	4177.922
36	1378.789	25.000	10.166	10.374	20.540	0.20	513.50	102.700	4280.623
37	1400.000	35.606	10.055	10.302	20.357	0.20	724.83	144.965	4425.588
38	1450.000	50.000	9.764	9.981	19.746	0.20	987.29	197.458	4623.046
39	1500.000	50.000	9.024	9.035	18.059	0.20	902.94	180.587	4803.633
40	1550.000	37.135	7.846	7.925	15.771	0.20	585.64	117.127	4920.760
41	1574.270	25.000	7.740	7.312	15.053	0.20	376.31	75.263	4996.023

Annexe A

42	1600.000	16.343	7.120	6.837	13.957	0.20	228.09	45.619	5041.642
43	1606.956	25.000	6.521	6.794	13.315	0.20	332.87	66.573	5108.216
44	1650.000	46.522	5.662	5.725	11.386	0.20	529.72	105.944	5214.160
45	1700.000	50.000	6.943	6.840	13.783	0.20	689.13	137.827	5351.986
46	1750.000	50.000	7.258	7.075	14.333	0.20	716.67	143.334	5495.320
47	1800.000	38.336	5.478	5.623	11.102	0.20	425.60	85.119	5580.439
48	1826.671	25.000	6.082	6.306	12.388	0.20	309.71	61.941	5642.381
49	1850.000	36.664	6.972	7.222	14.194	0.20	520.40	104.081	5746.461
50	1900.000	34.160	9.239	9.651	18.890	0.20	645.29	129.057	5875.518
51	1918.319	25.000	10.520	10.464	20.984	0.20	524.61	104.922	5980.440
52	1950.000	40.840	11.740	11.416	23.156	0.20	945.70	189.139	6169.579
53	2000.000	50.000	14.092	13.907	27.999	0.20	1399.93	279.986	6449.565
54	2050.000	48.045	15.926	15.254	31.180	0.20	1498.04	299.609	6749.174
55	2096.090	25.000	16.927	16.322	33.249	0.20	831.22	166.243	6915.417
56	2100.000	26.955	17.064	16.424	33.488	0.20	902.66	180.532	7095.949
57	2150.000	43.869	18.934	17.599	36.532	0.20	1602.64	320.528	7416.477
58	2187.738	25.000	19.144	18.645	37.790	0.20	944.74	188.948	7605.425
59	2200.000	31.131	17.435	18.414	35.849	0.20	1116.01	223.202	7828.627
60	2250.000	50.000	11.243	11.314	22.557	0.20	1127.84	225.569	8054.196
61	2300.000	50.000	6.712	7.034	13.745	0.20	687.27	137.454	8191.650
62	2350.000	50.000	11.054	10.373	21.428	0.20	1071.38	214.276	8405.926
63	2400.000	50.000	13.427	13.145	26.572	0.20	1328.58	265.717	8671.643
64	2450.000	50.000	14.998	15.105	30.103	0.20	1505.15	301.030	8972.673
65	2500.000	50.000	17.362	16.093	33.455	0.20	1672.77	334.554	9307.228
66	2550.000	50.000	17.886	20.105	37.991	0.20	1899.54	379.908	9687.136
67	2600.000	38.140	16.658	23.848	40.506	0.20	1544.89	308.977	9996.114
68	2626.280	25.000	17.347	24.125	41.472	0.20	1036.80	207.360	10203.474
69	2650.000	36.860	16.889	25.249	42.138	0.20	1553.22	310.645	10514.118
70	2700.000	33.964	15.412	22.934	38.346	0.20	1302.36	260.473	10774.591
71	2717.928	25.000	13.884	22.421	36.304	0.20	907.61	181.522	10956.113
72	2750.000	41.036	13.649	22.565	36.215	0.20	1486.11	297.223	11253.336
73	2800.000	29.015	11.326	21.123	32.449	0.20	941.50	188.299	11441.636
74	2808.030	25.000	12.543	19.948	32.491	0.20	812.27	162.454	11604.090
75	2850.000	45.824	9.592	11.108	20.700	0.20	948.56	189.712	11793.802
76	2899.678	25.000	7.088	6.708	13.796	0.20	344.90	68.981	11862.783
77	2900.000	25.161	7.114	6.691	13.805	0.20	347.35	69.470	11932.253
78	2950.000	50.000	5.613	8.470	14.083	0.20	704.14	140.829	12073.081
79	3000.000	25.000	8.324	6.112	14.437	0.20	360.92	72.184	12145.265

=====

Annexe A

 =====
TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTS MATERIAUX UTILISES
 =====

Matériaux différents = 4

Matériau	Volume total
BB	1260.000 m ³
GB	2100.000 m ³
GC	3150.000 m ³
Tuf	8400.000 m ³

 =====
TABLEAU RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX
 =====

 Nom du matériau = BB
 Volume total sur le projet = 1260.000 m³

N°	Longu.	DEMI-PROFIL	GAUCHE	DEMI-PROFIL	T O T A L I S A T I O N S			
P.T.	appli.	Surface	Volume	Surface	Volume	Surface	Volume	V.cumul.
1	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	10.500
2	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	31.500
3	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	52.500
4	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	73.500
5	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	94.500
6	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	115.500
7	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	136.500
8	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	157.500
9	33.467	0.210	7.028	0.210	7.028	0.420	14.056	171.556
10	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	182.056
11	41.533	0.210	8.722	0.210	8.722	0.420	17.444	199.500
12	29.291	0.210	6.151	0.210	6.151	0.420	12.302	211.802
13	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	222.302
14	45.709	0.210	9.599	0.210	9.599	0.420	19.198	241.500
15	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	262.500
16	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	283.500
17	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	304.500
18	35.966	0.210	7.553	0.210	7.553	0.420	15.106	319.606
19	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	330.106
20	39.034	0.210	8.197	0.210	8.197	0.420	16.394	346.500
21	31.790	0.210	6.676	0.210	6.676	0.420	13.352	359.852
22	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	370.352
23	43.210	0.210	9.074	0.210	9.074	0.420	18.148	388.500
24	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	409.500
25	31.311	0.210	6.575	0.210	6.575	0.420	13.151	422.651
26	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	433.151

Annexe A

27	43.689	0.210	9.175	0.210	9.175	0.420	18.349	451.500
28	27.708	0.210	5.819	0.210	5.819	0.420	11.637	463.137
29	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	473.637
30	47.292	0.210	9.931	0.210	9.931	0.420	19.863	493.500
31	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	514.500
32	29.112	0.210	6.113	0.210	6.113	0.420	12.227	526.727
33	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	537.227
34	45.888	0.210	9.637	0.210	9.637	0.420	19.273	556.500
35	39.394	0.210	8.273	0.210	8.273	0.420	16.546	573.046
36	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	583.546
37	35.606	0.210	7.477	0.210	7.477	0.420	14.954	598.500
38	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	619.500
39	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	640.500
40	37.135	0.210	7.798	0.210	7.798	0.420	15.597	656.097
41	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	666.597
42	16.343	0.210	3.432	0.210	3.432	0.420	6.864	673.461
43	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	683.961
44	46.522	0.210	9.770	0.210	9.770	0.420	19.539	703.500
45	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	724.500
46	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	745.500
47	38.336	0.210	8.050	0.210	8.050	0.420	16.101	761.601
48	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	772.101
49	36.664	0.210	7.700	0.210	7.700	0.420	15.399	787.500
50	34.160	0.210	7.174	0.210	7.174	0.420	14.347	801.847
51	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	812.347
52	40.840	0.210	8.576	0.210	8.576	0.420	17.153	829.500
53	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	850.500
54	48.045	0.210	10.089	0.210	10.089	0.420	20.179	870.679
55	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	881.179
56	26.955	0.210	5.661	0.210	5.661	0.420	11.321	892.500
57	43.869	0.210	9.213	0.210	9.213	0.420	18.425	910.925
58	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	921.425
59	31.131	0.210	6.537	0.210	6.537	0.420	13.075	934.500
60	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	955.500
61	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	976.500
62	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	997.500
63	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	1018.500
64	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	1039.500
65	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	1060.500
66	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	1081.500
67	38.140	0.210	8.009	0.210	8.009	0.420	16.019	1097.519
68	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	1108.019
69	36.860	0.210	7.741	0.210	7.741	0.420	15.481	1123.500
70	33.964	0.210	7.132	0.210	7.132	0.420	14.265	1137.765
71	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	1148.265
72	41.036	0.210	8.618	0.210	8.618	0.420	17.235	1165.500
73	29.015	0.210	6.093	0.210	6.093	0.420	12.186	1177.686
74	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	1188.186
75	45.824	0.210	9.623	0.210	9.623	0.420	19.246	1207.432
76	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	1217.932

Annexe A

77	25.161	0.210	5.284	0.210	5.284	0.420	10.568	1228.500
78	50.000	0.210	10.500	0.210	10.500	0.420	21.000	1249.500
79	25.000	0.210	5.250	0.210	5.250	0.420	10.500	1260.000
=====								

Annexe A

Nom du matériau = GB
 Volume total sur le projet = 2100.000 m³

N° P.T.	Longu. appli.	DEMI-PROFIL GAUCHE		DEMI-PROFIL DROIT		T O T A L I S A T I O N S		
		Surface	Volume	Surface	Volume	Surface	Volume	V.cumul.
1	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	17.500
2	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	52.500
3	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	87.500
4	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	122.500
5	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	157.500
6	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	192.500
7	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	227.500
8	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	262.500
9	33.467	0.350	11.713	0.350	11.713	0.700	23.427	285.927
10	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	303.427
11	41.533	0.350	14.537	0.350	14.537	0.700	29.073	332.500
12	29.291	0.350	10.252	0.350	10.252	0.700	20.503	353.003
13	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	370.503
14	45.709	0.350	15.998	0.350	15.998	0.700	31.997	402.500
15	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	437.500
16	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	472.500
17	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	507.500
18	35.966	0.350	12.588	0.350	12.588	0.700	25.176	532.676
19	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	550.176
20	39.034	0.350	13.662	0.350	13.662	0.700	27.324	577.500
21	31.790	0.350	11.126	0.350	11.126	0.700	22.253	599.753
22	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	617.253
23	43.210	0.350	15.124	0.350	15.124	0.700	30.247	647.500
24	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	682.500
25	31.311	0.350	10.959	0.350	10.959	0.700	21.918	704.418
26	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	721.918
27	43.689	0.350	15.291	0.350	15.291	0.700	30.582	752.500
28	27.708	0.350	9.698	0.350	9.698	0.700	19.395	771.895
29	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	789.395
30	47.292	0.350	16.552	0.350	16.552	0.700	33.105	822.500
31	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	857.500
32	29.112	0.350	10.189	0.350	10.189	0.700	20.378	877.878
33	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	895.378
34	45.888	0.350	16.061	0.350	16.061	0.700	32.122	927.500
35	39.394	0.350	13.788	0.350	13.788	0.700	27.576	955.076
36	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	972.576
37	35.606	0.350	12.462	0.350	12.462	0.700	24.924	997.500
38	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1032.500
39	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1067.500
40	37.135	0.350	12.997	0.350	12.997	0.700	25.994	1093.494
41	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1110.994
42	16.343	0.350	5.720	0.350	5.720	0.700	11.440	1122.435
43	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1139.935

Annexe A

44	46.522	0.350	16.283	0.350	16.283	0.700	32.565	1172.500
45	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1207.500
46	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1242.500
47	38.336	0.350	13.417	0.350	13.417	0.700	26.835	1269.335
48	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1286.835
49	36.664	0.350	12.833	0.350	12.833	0.700	25.665	1312.500
50	34.160	0.350	11.956	0.350	11.956	0.700	23.912	1336.412
51	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1353.912
52	40.840	0.350	14.294	0.350	14.294	0.700	28.588	1382.500
53	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1417.500
54	48.045	0.350	16.816	0.350	16.816	0.700	33.632	1451.132
55	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1468.632
56	26.955	0.350	9.434	0.350	9.434	0.700	18.868	1487.500
57	43.869	0.350	15.354	0.350	15.354	0.700	30.708	1518.208
58	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1535.708
59	31.131	0.350	10.896	0.350	10.896	0.700	21.792	1557.500
60	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1592.500
61	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1627.500
62	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1662.500
63	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1697.500
64	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1732.500
65	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1767.500
66	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	1802.500
67	38.140	0.350	13.349	0.350	13.349	0.700	26.698	1829.198
68	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1846.698
69	36.860	0.350	12.901	0.350	12.901	0.700	25.802	1872.500
70	33.964	0.350	11.887	0.350	11.887	0.700	23.775	1896.275
71	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1913.775
72	41.036	0.350	14.363	0.350	14.363	0.700	28.725	1942.500
73	29.015	0.350	10.155	0.350	10.155	0.700	20.310	1962.810
74	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	1980.310
75	45.824	0.350	16.038	0.350	16.038	0.700	32.077	2012.387
76	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	2029.887
77	25.161	0.350	8.806	0.350	8.806	0.700	17.613	2047.500
78	50.000	0.350	17.500	0.350	17.500	0.700	35.000	2082.500
79	25.000	0.350	8.750	0.350	8.750	0.700	17.500	2100.000

=====

Annexe A

 Nom du matériau = GC
 Volume total sur le projet = 3150.000 m³

N° P.T.	Longu. appli.	DEMI-PROFIL GAUCHE		DEMI-PROFIL DROIT		T O T A L I S A T I O N S		
		Surface	Volume	Surface	Volume	Surface	Volume	V.cumul.
1	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	26.250
2	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	78.750
3	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	131.250
4	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	183.750
5	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	236.250
6	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	288.750
7	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	341.250
8	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	393.750
9	33.467	0.525	17.570	0.525	17.570	1.050	35.140	428.890
10	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	455.140
11	41.533	0.525	21.805	0.525	21.805	1.050	43.610	498.750
12	29.291	0.525	15.378	0.525	15.378	1.050	30.755	529.505
13	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	555.755
14	45.709	0.525	23.997	0.525	23.997	1.050	47.995	603.750
15	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	656.250
16	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	708.750
17	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	761.250
18	35.966	0.525	18.882	0.525	18.882	1.050	37.764	799.014
19	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	825.264
20	39.034	0.525	20.493	0.525	20.493	1.050	40.986	866.250
21	31.790	0.525	16.690	0.525	16.690	1.050	33.379	899.629
22	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	925.879
23	43.210	0.525	22.685	0.525	22.685	1.050	45.371	971.250
24	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1023.750
25	31.311	0.525	16.438	0.525	16.438	1.050	32.877	1056.627
26	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1082.877
27	43.689	0.525	22.937	0.525	22.937	1.050	45.873	1128.750
28	27.708	0.525	14.547	0.525	14.547	1.050	29.093	1157.843
29	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1184.093
30	47.292	0.525	24.828	0.525	24.828	1.050	49.657	1233.750
31	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1286.250
32	29.112	0.525	15.284	0.525	15.284	1.050	30.567	1316.817
33	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1343.067
34	45.888	0.525	24.091	0.525	24.091	1.050	48.183	1391.250
35	39.394	0.525	20.682	0.525	20.682	1.050	41.364	1432.614
36	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1458.864
37	35.606	0.525	18.693	0.525	18.693	1.050	37.386	1496.250
38	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1548.750
39	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1601.250
40	37.135	0.525	19.496	0.525	19.496	1.050	38.991	1640.241
41	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1666.491
42	16.343	0.525	8.580	0.525	8.580	1.050	17.160	1683.652
43	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1709.902

Annexe A

44	46.522	0.525	24.424	0.525	24.424	1.050	48.848	1758.750
45	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1811.250
46	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	1863.750
47	38.336	0.525	20.126	0.525	20.126	1.050	40.252	1904.002
48	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	1930.252
49	36.664	0.525	19.249	0.525	19.249	1.050	38.498	1968.750
50	34.160	0.525	17.934	0.525	17.934	1.050	35.868	2004.618
51	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2030.868
52	40.840	0.525	21.441	0.525	21.441	1.050	42.882	2073.750
53	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2126.250
54	48.045	0.525	25.224	0.525	25.224	1.050	50.447	2176.697
55	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2202.947
56	26.955	0.525	14.151	0.525	14.151	1.050	28.303	2231.250
57	43.869	0.525	23.031	0.525	23.031	1.050	46.063	2277.313
58	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2303.563
59	31.131	0.525	16.344	0.525	16.344	1.050	32.687	2336.250
60	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2388.750
61	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2441.250
62	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2493.750
63	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2546.250
64	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2598.750
65	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2651.250
66	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	2703.750
67	38.140	0.525	20.023	0.525	20.023	1.050	40.047	2743.797
68	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2770.047
69	36.860	0.525	19.352	0.525	19.352	1.050	38.703	2808.750
70	33.964	0.525	17.831	0.525	17.831	1.050	35.662	2844.412
71	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2870.662
72	41.036	0.525	21.544	0.525	21.544	1.050	43.088	2913.750
73	29.015	0.525	15.233	0.525	15.233	1.050	30.466	2944.216
74	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	2970.466
75	45.824	0.525	24.058	0.525	24.058	1.050	48.115	3018.581
76	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	3044.831
77	25.161	0.525	13.210	0.525	13.210	1.050	26.419	3071.250
78	50.000	0.525	26.250	0.525	26.250	1.050	52.500	3123.750
79	25.000	0.525	13.125	0.525	13.125	1.050	26.250	3150.000

=====

Annexe A

 Nom du matériau = Tuf
 Volume total sur le projet = 8400.000 m³

N° P.T.	Longu. appli.	DEMI-PROFIL GAUCHE		DEMI-PROFIL DROIT		T O T A L I S A T I O N S		
		Surface	Volume	Surface	Volume	Surface	Volume	V.cumul.
1	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	70.000
2	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	210.000
3	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	350.000
4	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	490.000
5	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	630.000
6	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	770.000
7	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	910.000
8	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	1050.000
9	33.467	1.400	46.853	1.400	46.853	2.800	93.706	1143.706
10	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	1213.706
11	41.533	1.400	58.147	1.400	58.147	2.800	116.294	1330.000
12	29.291	1.400	41.007	1.400	41.007	2.800	82.013	1412.013
13	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	1482.013
14	45.709	1.400	63.993	1.400	63.993	2.800	127.987	1610.000
15	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	1750.000
16	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	1890.000
17	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	2030.000
18	35.966	1.400	50.352	1.400	50.352	2.800	100.704	2130.704
19	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	2200.704
20	39.034	1.400	54.648	1.400	54.648	2.800	109.296	2310.000
21	31.790	1.400	44.506	1.400	44.506	2.800	89.011	2399.011
22	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	2469.011
23	43.210	1.400	60.494	1.400	60.494	2.800	120.989	2590.000
24	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	2730.000
25	31.311	1.400	43.836	1.400	43.836	2.800	87.672	2817.672
26	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	2887.672
27	43.689	1.400	61.164	1.400	61.164	2.800	122.328	3010.000
28	27.708	1.400	38.791	1.400	38.791	2.800	77.582	3087.582
29	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	3157.582
30	47.292	1.400	66.209	1.400	66.209	2.800	132.418	3290.000
31	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	3430.000
32	29.112	1.400	40.756	1.400	40.756	2.800	81.512	3511.512
33	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	3581.512
34	45.888	1.400	64.244	1.400	64.244	2.800	128.488	3710.000
35	39.394	1.400	55.152	1.400	55.152	2.800	110.304	3820.304
36	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	3890.304
37	35.606	1.400	49.848	1.400	49.848	2.800	99.696	3990.000
38	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	4130.000
39	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	4270.000
40	37.135	1.400	51.989	1.400	51.989	2.800	103.977	4373.977
41	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	4443.977
42	16.343	1.400	22.880	1.400	22.880	2.800	45.761	4489.738
43	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	4559.738

Annexe A

44	46.522	1.400	65.131	1.400	65.131	2.800	130.262	4690.000
45	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	4830.000
46	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	4970.000
47	38.336	1.400	53.670	1.400	53.670	2.800	107.340	5077.340
48	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	5147.340
49	36.664	1.400	51.330	1.400	51.330	2.800	102.660	5250.000
50	34.160	1.400	47.824	1.400	47.824	2.800	95.647	5345.647
51	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	5415.647
52	40.840	1.400	57.176	1.400	57.176	2.800	114.353	5530.000
53	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	5670.000
54	48.045	1.400	67.263	1.400	67.263	2.800	134.526	5804.526
55	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	5874.526
56	26.955	1.400	37.737	1.400	37.737	2.800	75.474	5950.000
57	43.869	1.400	61.417	1.400	61.417	2.800	122.834	6072.834
58	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	6142.834
59	31.131	1.400	43.583	1.400	43.583	2.800	87.166	6230.000
60	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	6370.000
61	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	6510.000
62	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	6650.000
63	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	6790.000
64	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	6930.000
65	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	7070.000
66	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	7210.000
67	38.140	1.400	53.396	1.400	53.396	2.800	106.791	7316.791
68	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	7386.791
69	36.860	1.400	51.604	1.400	51.604	2.800	103.209	7490.000
70	33.964	1.400	47.549	1.400	47.549	2.800	95.099	7585.099
71	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	7655.099
72	41.036	1.400	57.451	1.400	57.451	2.800	114.901	7770.000
73	29.015	1.400	40.621	1.400	40.621	2.800	81.242	7851.242
74	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	7921.242
75	45.824	1.400	64.154	1.400	64.154	2.800	128.307	8049.549
76	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	8119.549
77	25.161	1.400	35.225	1.400	35.225	2.800	70.451	8190.000
78	50.000	1.400	70.000	1.400	70.000	2.800	140.000	8330.000
79	25.000	1.400	35.000	1.400	35.000	2.800	70.000	8400.000

=====

Annexe B

Annexe B



Chemin wilaya CW100



PK 1+606 de l'évitement

Annexe B



Chemin wilaya cw38



Route nationale RN99