

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Mohamed khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2024



Mémoire de Master

Filière : TRAVAUX PUBLICS

Spécialité : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

Etude du dédoublement d'un tronçon routier du
CW26 Boumia VERS Boulhilet
(Wilaya de Batna)

Présenté par :

MANSOURI Toufik

GADI Mohamed El Mahdi

Encadreur : Dr: REMADNA Med saddek

Année universitaire : 2023 - 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant de commencer le mémoire, nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage, et la force pour réaliser ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements pour toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation, en premier lieu **Dr : Remadna Mohamed Saddek** notre encadrant.*

Sans oublier l'équipe de DTP BATNA et BISKRA qui nous a accompagnés tout au long de la mission de terrain et pour leur aide et leur disponibilité.

*Nous présentons nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants département génie civil hydraulique d'université BISKRA dirigés par le chef du département, **Dr Issam Abdel Salam***

Notre profond remerciement pour les membres jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma raison d'être, ma mère,

A mon cher père,

A mon frère Yazid.

A mes sœurs.

A ma chère Barbara.

*A toutes et tous mes amis(es). A ma deuxième famille : mes camarades de classe M2-VOA pour
tous les moments qu'on a passé ensemble.*

....MAHDI GADI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

À mes honorables parents, que Dieu les protège ainsi que tous les membres de ma famille, ainsi qu'à ma petite famille, que j'ai négligée au cours de mon parcours universitaire.

À mes professeurs, en particulier à mon encadreur

Dr : REMADNA Med SADDEK qui n'a pas été avare et n'a pas tardé à nous aider et à nous guider pendant l'étude ou lors de la préparation du projet de fin d'études et de la thèse.

À mon ami, le Dr : Dachher Mohamed, qui m'a encouragé et m'a donné une

Dose pour reprendre mes études après une interruption de 25 ans.

À mes amis étudiant MASTER et collègues de la promotion 2024 sans exception.

À tous ce qui m'a aidé de près ou de loin à la construction de ce travail.

...MANSOURI TOUFIK

Résumé

Le trafic routier est un phénomène complexe d'une part en raison du nombre élevé d'acteurs qui y participent, d'autre part à cause du caractère très maillé du réseau sur lequel il se déroule. Le phénomène le plus marquant dans le trafic routier est la congestion. Pour comprendre la congestion, il faut garder toujours à l'esprit que c'est un phénomène qui survient lorsque la demande (le nombre de véhicules qui cherchent à utiliser une infrastructure donnée) est supérieure à la capacité de cette infrastructure. Si la demande excède la capacité, alors des véhicules seront ralentis à l'entrée de l'infrastructure, formant ainsi un bouchon.

Le projet à l'issue de nos recherches s'inscrit dans le domaine des infrastructures nationales de transport algériennes, notamment routières.

Le projet proposé une étude sur le dédoublement du tronçon de la RN88 à la RN03 (la wilaya de BATNA).

Mots clés : trafic, dédoublement, dimensionnement de chaussée, carrefours et Covadis Autopiste.

Abstract

Road traffic is a complex phenomenon, on the one hand because of the large number of actors involved in it, and on the other hand because of the highly meshed nature of the network on which it takes place. The most striking phenomenon in road traffic is congestion. To understand congestion, it is important to always keep in mind that it is a phenomenon that occurs when demand (the number of vehicles looking to use a given infrastructure) exceeds the capacity of that infrastructure. If demand exceeds capacity, then vehicles will be slowed down at the entrance to the infrastructure, thus forming a traffic jam.

The project at the end of our research is in the field of Algerian national transport infrastructure, particularly roads.

The project proposes a study on the doubling of the section from the RN88 to the RN03 (the wilaya of BATNA).

Keywords: traffic, doubling, roadway dimensioning, roundabouts and Covadis Autopiste.

المُلخَص:

تعتبر حركة المرور على الطرق ظاهرة معقدة بسبب العدد الكبير من المشاركين فيها، ومن ناحية أخرى بسبب الطابع المترابط للغاية للشبكة التي تحدث عليها، الظاهرة الأكثر بروزاً في حركة المرور على الطرق هي الازدحام. لفهم الازدحام، يجب دائماً أن نتذكر أنها تحدث عندما يكون الطلب (عدد المركبات التي تحاول استخدام بنية تحتية معينة) أكبر من قدرة هذه البنية التحتية. إذا تجاوز الطلب القدرة، فإن المركبات ستتباطأ عند مدخل البنية التحتية، مما يشكل ازدحاماً مرورياً

المشروع الناتج عن أبحاثنا يندرج في مجال البنى التحتية الوطنية للنقل في الجزائر، خاصة الطرق. يقترح المشروع دراسة لتوسيع الجزء من الطريق الوطني رقم 88 الى الطريق الوطني رقم 3 (ولاية باتنة).

الكلمات المفتاحية: حركة المرور ، الازدواجية، تحديد أبعاد الطريق، محاور الدوران و كوفاديس اوطوبيست .

Sommaire :

Résumé	6
Introduction Générale.....	16
Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET.	17
I.1- INTRODUCTION :	18
I.2-PRESENTATION DE LA WILAYA :	18
I.3-PRESENTATION DE PROJET :	18
I.4-L'ETAT ACTUEL ET OBJECTIF :	21
Chapitre II : ETUDE DE TRAFIC.....	24
II.1- INTRODUCTION :	25
II.2-DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :	25
II.2.1- Trafic normal :	25
II.2.2- Trafic dévié :	25
II.2.3-Trafic induit :	25
II.3-L'ANALYSE DE TRAFIC EXISTANT :	25
II.4-CALCUL DE LA CAPACITE	26
II.4.1- Définition de la capacité :	26
II.4.2- La procédure de détermination de nombre de voies :	26
II.5-APPLICATION AU PROJET :	28
II.5.1- Donnée de trafics :	28
II.5.2- Présentation de la campagne de recensement des véhicules :	29
II.5.3- Analyse de la situation actuelle :	29
II.5.4- Comptages automatiques :	29
II.5.5- Application Numériques sur la CW26 :	31
II.6-Conclusion :	33
Chapitre III : TRACE EN PLAN.	34
III.1- INTRODUCTION :	35
III .2- Définition :	35
III.3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :	35
III .4- La vitesse de référence :	35
III .4.1- Choix de la vitesse de référence :	36
III .4.2- Vitesse de projet :	36
III .5- Les éléments du tracé en plan :	36
III.5.1 - Alignement droit :	36
III.5.2 - Arcs de cercle :	37
III .6- Application au projet :	38
III.7- Surlargeur :	38
III.8-Courbe de raccordement CR :	39
III.8.1- types de courbe de raccordement :	39
III.9- Devers :	43
III.10- Calcul D'axe :	43
III.10.1- Démarche à suivre :	43

Chapitre IV : PROFIL EN LONG 45

IV.1- Introduction :.....	46
IV.2- DEFINITION :.....	46
IV.3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG :	46
IV.4- ELEMENT GEOMETRIQUE DU PROFIL EN LONG :.....	47
IV.4.1- Les types de rayons :.....	47
IV.4.1.1- Les rayons en angle saillant (convexes):.....	47
IV.4.1.2- Les rayons en angles rentrants (concaves):	47
IV.5- COORDINATION DU PROFIL EN LONG ET DU TRACE EN PLAN :	48
IV.6- EXIGENCE DE VISIBILITE :	48
IV.6.1- Visibilité sur un virage :	49
IV.6.2- Visibilité sur un obstacle situé sur la chaussée :	49
IV.7- DECLIVITES DU PROFIL EN LONG :	49
IV.7.1- Définition de la déclivité :.....	49
IV.7.2- Déclivité minimale :	49
IV.7.3- Déclivité maximale :	50
IV.8- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :	50
IV.8.2- Calcul de la tangente :.....	51
IV.8.3- Projection horizontale de la longueur de raccordement :.....	51
IV.8.4- Calcul de la flèche :	51
IV.8.6- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J).....	52

Chapitre V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE. 54

V.1- INTRODUCTION :	55
V.2- DEFINITION DE LA CHAUSSEE :	55
V.3- LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE :	55
V.3.1- Chaussée souple :.....	55
V.3.2- Chaussée semi –rigide :.....	57
V.3.3- Chaussée rigide :	58
V.4- les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée :.....	60
V.4.1- TRAFIC :	60
V.4.2- ENVIRONNEMENT :	60
V.4.3- LE SOL SUPPORT :	60
V.4.4- MATERIAUX :	61
V.5- LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :	61
V.5.1-LES METHODES THEORIQUES :.....	61
V.5.2-LES METHODES EMPIRIQUES (CLASSIQUES) :	61
V.5.3-LES METHODES SEMI-EMPIRIQUES :	61
V.6 -APPLICATION AU PROJET :	68
V.6.1- Méthode CBR :.....	68
V.6.2- Méthode de catalogue :	69
V.6.3-LES DONNEES CLIMATIQUES :	70
V.7- CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANTES DE LA CHAUSSEE.....	70
V.7.1-VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT :	72
V.7.2- CALCUL DU TRAFIC CUMULE DE POIDS LOURD (TCI) :	74
V.7.3- CALCUL DU TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (TCEI) :	74
V.7.4- CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE AU NIVEAU DU SOL SUPPORT:	74
V.7.5- CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX :... 74	74

V.7.6-RESULTATS DE CALCUL PAR ALIZE LCPC :	74
V.7.7- INTERPRÉTATION :	76
V.8- CONCLUSION :	76

Chapitre VI : PROFIL EN TRAVERS 77

VI.1- DEFINITION :	78
VI.2- DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS :	78
VI.2.1- Profil en travers type :	78
VI.2.2- profil en travers courants :	78
VI.3- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :	78
VI.4- PENTES TRANSVERSALES :	79
VI.4.1- Les chaussées :	79
VI.5- Application au projet :	80

Chapitre VII : Choix et conception du carrefour 82

VII.1- Introduction :	83
VII.2- Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour :	83
VII.3- Choix de l'aménagement :	83
VII.4- Les types de carrefours :	83
VII.4.1- Carrefour à trois branches (en T) :	83
VII.4.2- Carrefour à trois branches (en Y):	84
VII.4.3- Carrefour à quatre branches (en croix) :	84
VII.4.4- Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :	84
VII.5- Principes généraux d'aménagements d'un carrefour :	84
VII.5.1- La visibilité :	84
VII.5.2- Triangle de visibilité :	85
Données de base :	85
VII.5.3- Les îlots :	85
VII.5.4- Ilot directionnel:	85
Les couloirs d'entrée et de sortie:	85
VII.6- Application au projet :	85
VII.6.1- Carrefour giratoire au PK 39+700 :	85

CHAPITRE VIII : CUBATURE 88

VIII.1- Généralités :	89
VIII.2- Définition :	89
VIII.3- Méthode de calcul des cubatures :	89
VIII.3.1- Formule de SARRUS :	90
VIII.3.2- Méthode linéaire :	91
VIII.3.3- Méthode de GULDEN :	91
VIII.4- Calcul Des Cubatures De Terrassement	92

CHAPITRE IX : ETUDES GEOTECHNIQUES 93

IX.1- INTRODUCTION :	94
IX.2- BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :	94
IX.3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :	95
IX.4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :	95
VIV.4.1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :	95
IX.4.2- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :	97
IX.5- Condition d'utilisation des sols en remblais :	97
IX.6-APPLICATION A NOTRE PROJET :	98

IX.6.1- Essais physiques.....	98
IX.6.2- Essais mécaniques.....	98
IX.7 CONCLUSION :	100

Chapitre X : SIGNALISATION..... 101

X.1- INTRODUCTION :	102
X.2- DISPOSITIFS DE RETENUE :	102
X.2.1- Glissières de sécurité :	102
X.2.2- Murettes de protection en béton armé :	102
X.3- OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE :	103
X.4- CATEGORIES DE SIGNALISATION :	103
X.5- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION :	105
X.6- TYPES DE SIGNALISATION :	105
X.6.1- Signalisation verticale :	105
X.6.2- Signalisation horizontale :	105
X.6.3- Marque longitudinale :	105
X.6.4-Marques transversales :	106
X.7- APPLICATION AU PROJET :	107
X.7.1- La signalisation verticale :	107
X.8- ECLAIRAGE:	110
X.8.1- INTRODUCTION :	110
X.8.2- CATEGORIES D'ECLAIRAGE :	110
X.8.3- APPLICATION AU PROJET :	110
X.8.4- CROISEMENT DE DEUX CLAIRAGES :	110
X.8.5- PARAMETRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :	110
X.9- GLISSIERES DE SECURITE :	113
X.9.1- DEFINITION :	113
X.9.2- LA MURETTE DE PROTECTION EN BETON ARME :	113
X.10- APPLICATION AU PROJET :	113

CONCLUSION GENERALE..... 117

Bibliographie.....1177

Annexes1198

Liste des figures :

Figure I. 2: Limite de la Wilaya	18
Figure I. 1: Carte de Setiation du Wilaya -BATNA.....	18
Figure I. 4: Image Satellitaire Du Projet.....	19
Figure I. 3: Photo Raster du Projet.....	19
Figure I. 5: Piquetage de Démarrage et Arriver du Projet.....	20
Figure I. 6: Position Satellitaire de Giratoire.....	20
Figure I. 7: Position Réel de Giratoire	21
Figure I. 8: Signalisation Vertical (fin projet)	22
Figure I. 9: Route Existante.....	22
Figure I. 10: Dégradation de la Route Existante	23
Figure I. 11: Travaux de Décapage	23
Figure I. 12: Scarification de la Chaussée	23
Figure II. 1 : PHOTO POSTE N°02 (CW26 PK 32+000).....	30
Figure II. 2: Repérage des points de comptage	30
Figure II. 3: Route à 4 voies séparées	33
Figure III. 1: Eléments de la clothoïde.....	40
Figure III. 2: Vue en plan d'un clothoïde	43
Figure III. 3: Tracé en plan par autopiste.....	44
Figure IV. 1: Elément géométriques du profil en long	47
Figure IV. 2: Raccordement d'un profil	51
Figure IV. 3: Raccordement de rayon de 5500 m	52
Figure V. 1: Structure type d'une chaussée souple	56
Figure V. 2: Les différentes couches d'une chaussée souple.....	57
Figure V. 3: Structure type d'une chaussée semi-rigide.....	58
Figure V. 4: Structure type d'une chaussée rigide	59
Figure V. 5 : Types de chaussées	59
Figure V. 6: Organigramme de la démarche de catalogue	64
Figure V. 7: Classes TPLi.....	65
Figure V. 8: L'épaisseur choisie méthode CBR.....	68
Figure V. 9 : Les zones climatiques en Alger.....	70
Figure V. 10: L'épaisseur choisie par catalogue	71
Figure V. 11: Les charge applique de sol et le déformation de sol support	72
Figure V. 12: Les résultats calculés avec le logiciel ALIZE LCPC	75
Figure VI. 1: Les éléments du profil en travers.....	78
Figure VI. 2: Profil en travers type mixte.....	80
Figure VI. 3: Profil en travers courant.....	81
Figure VII. 1: Position satellitaire de giratoire.....	86
Figure VII. 2 : Plan Carrefour Giratoire	87
Figure IX. 1: Différentes couche de corps de chaussée.....	94
Figure IX. 2 :L'implantation des puits de reconnaissance sur image satellitaire.....	99
Figure X. 1: Les déferents types de signalisation.....	104
Figure X. 2: Largeur des lignes	106
Figure X. 3 : Signalisation horizontale	108
Figure X. 4 : Signalisation verticale.....	109
Figure X. 5 : Paramètres d'encrage d'un point lumineux.....	111
Figure X. 6 : Eclairage composé et simple	111
Figure X. 7 : Modèle d'éclairage	112
Figure X. 8 : Séparateurs (Glissière simple en Béton) ou (glissière Double en Béton)	113
Figure X. 9 : Type séparateur en béton.....	114
Figure X. 10 : Glissière de sécurité.....	115

Liste des tableaux :

Tableau II. 1 : Coefficient d'Equivalence.....	27
Tableau II. 2 : Valeurs de k1	27
Tableau II. 3 : Valeurs de k2	28
Tableau II. 4: Valeurs de Capacité théorique	28
Tableau II. 5:les résultats du comptage de trafic en 2020	30
Tableau II. 6: Récapitulatif des résultats de notre projet	33
Tableau III. 1 : Paramètres Projet.....	38
Tableau III. 2 : Calcul des surlargeurs	38
Tableau III. 3: Types de courbes	41
Tableau IV. 1 :Les paramètres géométriques	48
Tableau IV. 2 :la déclivité maximale selon la catégorie de la route.	50
Tableau IV. 3 :Coordonnées des points de raccordement	52
Tableau V. 1 : les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé	63
Tableau V. 2: classe de portance des sols selon CTTP.....	66
Tableau V. 3: classification climatique.....	66
Tableau V. 4: classe de sols support selon le module E	67
Tableau V. 5 : Amélioration de la portance du sol support	67
Tableau V. 6 : La classe de trafic	69
Tableau V. 7 : La classe portance de sol.....	69
Tableau V. 8 : La classe de portance du sol	70
Tableau V. 9 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue	71
Tableau V. 10 : récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée.....	72
Tableau V. 11 : Températures équivalents $\Theta_{\text{éq}}$	72
Tableau V. 12: Risque adoptés pour réseau RP1	73
Tableau V. 13: valeurs de t en fonction de r.....	73
Tableau V. 14: Valeurs du coefficient d'agressivité	73
Tableau V. 15: Performances mécaniques des matériaux bitumineux	73
Tableau V. 16: Tableau de Modélisation.....	74
Tableau V. 17: Les résultats de la méthode retenue.....	76
Tableau V. 18: Comparaison entre C.B.R et C.T.T.P	76
Tableau VI. 1 :Les valeurs des dévers	79
Tableau VI. 2: Dévers route R80 ou T80.....	79
Tableau VII. 1: Géométrie de giratoire 01.....	86
Tableau IX. 1 : Les résultats des essais de laboratoire.....	99
Tableau X. 1 : Les modulations des lignes discontinues	106

Sigle et abréviation :

C : catégorie de la route.

E : environnement de la route.

Vr : vitesse de référence (de base).

τ : le taux de croissance.

R : rayon de l'axe de route.

Δd : variation de dévers **L** : largeur de chaussée.

R_{hm} : rayon horizontal minimal.

R_{hn} : rayon horizontal normal.

R_{hd} : rayon horizontal déversé.

R_{hnd} : rayon horizontal non déversé.

F_l : coefficient de frottement longitudinal.

F_t : coefficient de frottement transversal.

d_{min} : devers minimal.

d_{max} : devers maximal.

S : sur largeur.

d : distance d'arrêt.

g : l'accélération en m/s.

p : charge par roue.

Teq : température équivalent.

T_{pl} : trafic de poids lourd à l'année de mise en service.

CF : couche de fondation.

I_{min} : déclivité minimal.

I_{max} : déclivité maximal.

TN : terrain naturel.

SD : section déblai **SR** : section remblai

V : volume de terrassement **T_n** : est trafic à l'année n

T₀ : est trafic à l'arrivée pour l'origine.

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

N : nombre d'année

T_{eff} : trafic effective à l'année horizon.

Z : pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalent.

Q : débit de point horaire.

Q_{sat} : débit de saturation.

PL : poids lourds

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de

N : durée de vie

TJMA : trafic journalier moyen annuel.

P : pourcentage de poids lourds.

I_{CBR} : indice CBR.

CB : couche de base.

CR : couche de roulement.

RP1 : réseau principal de niveaux 1 v/j : l'unité véhicule par jour.

RN : route national.

E_{éq} : épaisseur équivalent capacité.

GC : grave concassé.

GNT : grave non traité.

GB : grave bitume.

BB : béton bitumineux.

T : température.

E(Mpa) : portance de sol support de chaussée.

NPL : nombre de poids lourds.

TPLi : classe de trafic.

CBR : Californian Bearing Ratio.

ε_{z.adm} : La déformation admissible sur le sol support.

ε_{t.adm} : La déformation admissible à la base de grave bitume.

Introduction Générale

Les routes jouent un rôle crucial dans le développement socio-économique d'une région. Elles sont les artères vitales qui facilitent le transport des biens et des personnes, favorisant ainsi le commerce, le tourisme et l'accès aux services essentiels tels que la santé et l'éducation. De plus, des réseaux routiers efficaces encouragent l'investissement en rendant les zones plus accessibles, stimulant ainsi la croissance économique et la création d'emplois.

Cependant, pour que les routes continuent à soutenir efficacement le développement, il est impératif de les maintenir en bon état et de les adapter aux besoins croissants de la circulation. La réhabilitation et le renforcement des routes existantes sont essentiels pour prolonger leur durée de vie et garantir leur sécurité. De même, le dédoublement de certaines routes congestionnées permet de réduire les embouteillages, d'améliorer la fluidité du trafic et de minimiser les risques d'accidents, assurant ainsi un transport sûr et efficace en tout temps.

Face à l'état avancé de dégradation de la succession des chemins wilaya CW 165, CW 26 et CW 20, couvrant une distance totale de 56 km et reliant deux axes nationaux majeurs, à savoir la RN 88 et la RN 3, la Direction des Travaux Publics de Batna a entrepris une étude en vue dédoubler ce tronçon routier.

Dans ce cadre, notre projet de fin d'études vise spécifiquement à étudier la conversion du tronçon CW 26 sur une longueur de 13 km +700, reliant Boumia à Bouhlilat, en une route à 2x2 voies séparées par une terre-plein central, accompagnée de l'aménagement d'un carrefour giratoire. Cette initiative s'inscrit dans la nécessité de répondre aux besoins croissants de circulation et d'améliorer la sécurité routière dans la région.

Afin de mener notre étude de ce tronçon, nous avons collecté des informations et des données susceptibles de faciliter et d'accélérer le processus d'étude, notamment :

1- Informations géotechniques : A travers notre revue de l'étude géotechnique du projet de dédoublement de route reliant Boumia et chemora, réalisée par la Société d'Etudes Techniques de Sétif, il a été constaté que l'indice Proctor est Inférieur ($<$) à 5, le sol est classé en S4 dont la portance est très faible. Dans ce cas on prend la valeur de ICBR = 4.

2- Informations techniques concernant l'étude de trafic : Après avoir contacté les services techniques de la Direction des Travaux Publics de Batna, nous avons reçu les données suivantes :

Le tracé du projet traverse un terrain relativement plat avec de faibles sinuosités, ce qui classe la route en catégorie C2 et en environnement de type E1.

-TMJA2020 = 7950 v/j.

-Taux d'accroissement du trafic $\tau = 4 \%$.

-Pourcentage de poids lourds $Z = 26\%$.

-La mise en service de la route 2024

-La durée de vie de la route 20 ans

Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET.



I.1- INTRODUCTION :

Le développement du trafic routier en Algérie a été rapide, nécessitant la réhabilitation, la modernisation et le réaménagement des routes existantes qui supportent l'essentiel de ce trafic, dont un nombre important de poids lourds. Notre objectif est d'assurer la sécurité et le confort des utilisateurs tout en maintenant les coûts aussi bas que possible. Par conséquent, notre projet de duplication d'un tronçon routier est devenu un élément crucial de l'expansion et de la modernisation de l'infrastructure de transport. Concrètement, ce projet de fin d'étude consiste à doubler un tronçon routier de 56 km reliant la RN88 à la RN03, comprenant un tronçon de 13.710 km de PK 26 et au PK 39 (CW26).

Les principaux objectifs de ce projet sont d'optimiser la fluidité du trafic sur cet axe en supprimant tous les obstacles et en assurant une liaison routière rapide avec le chef-lieu de wilaya et les routes communales (CW).

I.2-PRESENTATION DE LA WILAYA :

La province de Batna est située au centre de la province des Aurès, dans le nord-est de l'Algérie et est connue comme la « capitale de la province des Aurès ». Elle a une superficie totale de 12 038 kilomètres carrés, gouverne 61 communes et 21 provinces de la Daïra et compte une population de 1 000 000 habitants. Environ 1 186 832 habitants.

La province dispose d'infrastructures importantes, à savoir : 3.513 km de réseau routier et 148 km de réseau ferroviaire.

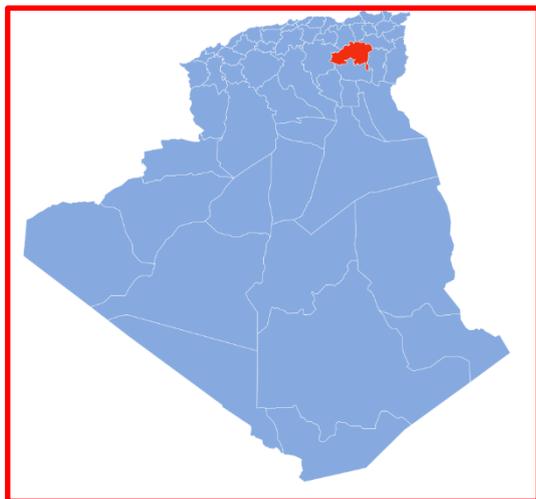


Figure I. 2: Carte de Setiation du Wilaya -BATNA



Figure I. 1: Limite de la Wilaya

I.3-PRESENTATION DE PROJET :

Le projet de recherche, qui sépare les axes reliant la RN88 à Khenchela, la RN03 à Constantine et la RN75 à Sétif, est localisé dans la partie nord-est de la province BATNA de 56 kilomètres. Axes routiers (routes nationales RN03, RN88 et RN 75, routes provinciales CW 165, CW 20 et CW26 et

routes communales).

Cet itinéraire traversant traverse le territoire des communautés de Djerma, Boumia, Chemra, Ouled Fadel et autres, avec une longueur totale de 56 kilomètres et un profil de voie de 2x2.

Notre projet d'étude de la scission de l'axe reliant la RN88 à la RN03 sur 56 km comprend un tronçon de 13.710 km sur la route provinciale CW 26 de BOUMIA vers BOULHILAT

RN03, qui débutera au niveau PK 26+000 et aboutira au point d'arrivée PK 39.

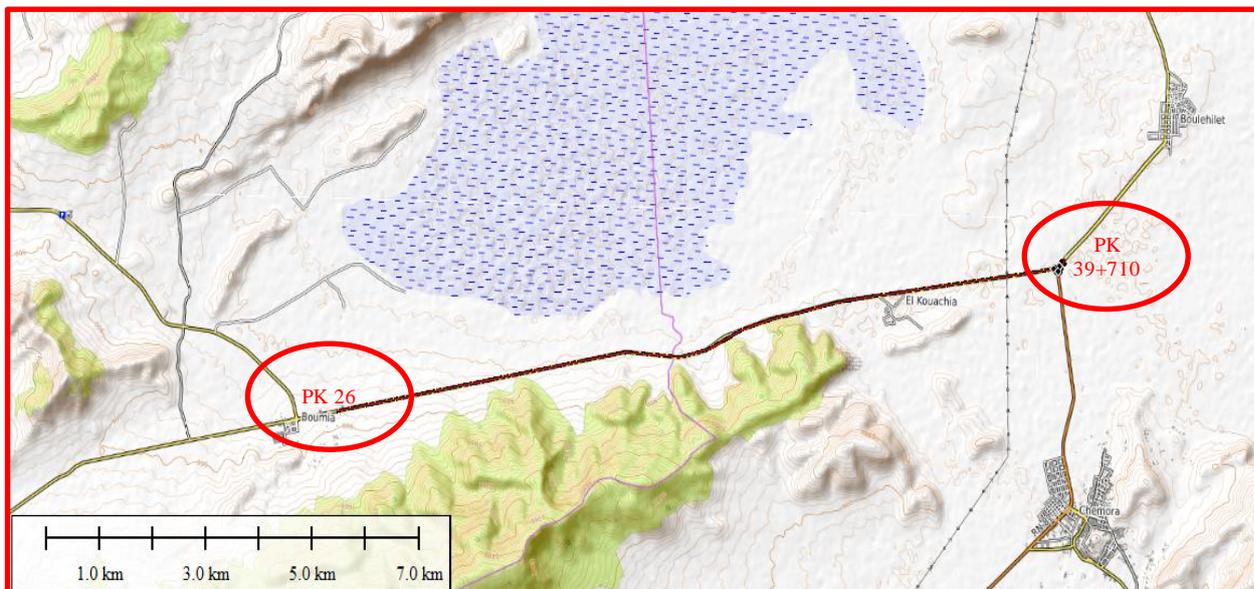


Figure I. 4: Photo Raster du Projet

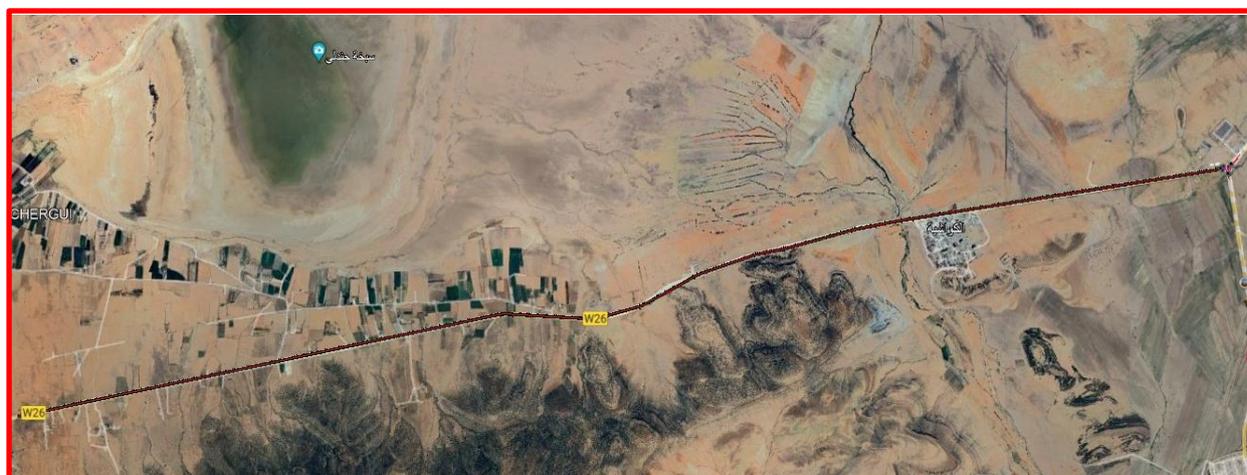


Figure I. 3: Image Satellitaire Du Projet



Figure I. 5: Piquetage de Démarrage et Arriver du Projet

Ce nouveau développement nécessite la construction d'un rond-point aux PK 39+710.



Figure I. 6: Position Satellitaire de Giratoire



Figure I. 7: Position Réel de Giratoire

I.4-L'ETAT ACTUEL ET OBJECTIF :

La Direction des Travaux Publics de la Province de Batna – DTP – a pour objectif de créer un axe reliant la RN88 à Khenchela avec la RN03 à Constantine et la RN75 à Sétif sur 56 kilomètres, l'objet de cette étude se situe dans la partie nord-est de la Province de Batna. Axes routiers (routes nationales RN03, RN88 et RN 75, routes provinciales CW 165, CW 20 et CW26 et routes communales).

Cet itinéraire traversant traverse le territoire des communautés de Djerma, Boumia, Chemra, Ouled Fadel et autres, avec une longueur totale de 56 kilomètres et un profil de voie de 2x2.

Prochain projet cible :

- Relier la province BATNA aux routes nationales et aux communes et villages.
- Améliorer les niveaux de service routier et leur sécurité en réduisant les temps de parcours routier.
- Augmenter la capacité routière.
- Offrir un nouvel axe de développement et de communication entre BATNA et Wilayas Mila, Kenchella, Constantine, Sétif, Oum el Bouaghi, Biskra Cela réduit considérablement les coûts de transport.



Figure I. 8: Signalisation Vertical (fin projet)



Figure I. 9: Route Existante



Figure I. 10: Dégradation de la Route Existante



Figure I. 11: Travaux de Décapage



Figure I. 12: Scarification de la Chaussée

Chapitre II : ETUDE DE TRAFIC.

II.1- INTRODUCTION :

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année d'horizon. L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception repose, pour partie « **stratégie et planification** » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du volume de circulation.
- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombres de voies).

II.2-DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :

II.2.1- Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

II.2.2- Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

II.2.3- Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

II.2.4- Trafic total :

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3-L'ANALYSE DE TRAFIC EXISTANT :

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût

des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : Les enquêtes.

II.4-CALCUL DE LA CAPACITE

II.4.1- Définition de la capacité :

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

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

II.4.2- La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

II.4.2.1- Calcul de TJMA horizon :

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

$$TMJ_{Ann} = TMJA_0 \times (1+\tau)^n$$

II.4.2.2- Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

- Type de route et de l'environnement : Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

II.4.2.3- Le trafic effectif donné par la relation suivant :

$$T_{eff} = [(1-Z) + P \times Z] \times T J M A_n$$

T_{eff} : trafic effectif à l’horizon en (U.V.P/j) Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d’équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

n : l’année de mise en service.

Tableau II. 1: Coefficient d’Equivalence

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

II.4.2.4- Débit de point horaire normal :

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

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

$$\frac{1}{n} = 0.12 \text{ En généra}$$

Q : est exprimé en UVP/h.

II.4.2.5- Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{adm} \text{ (uvp/h)} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l’environnement.

K2 : coefficient lié à la catégorie de la route et de son environnement C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau II. 2: Valeurs de k1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau II. 3 : Valeurs de k2

environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E ₂	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E ₃	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau II. 4: Valeurs de Capacité théorique

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

II.4.2.6- Détermination de nombre des voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : Q_{adm} ≤ Q

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche

Du rapport
$$n = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec : S le coefficient dissymétrie.

En général = 2/3 Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.5-APPLICATION AU PROJET :

II.5.1- Donnée de trafics :

Pour déterminer le trafic sur notre évitement on a suivi la démarche suivante : Les axes routiers (Routes nationales, chemins de wilaya et chemins communaux) susceptibles de générer un trafic vers notre projet d'étude sont :

- Route national (RN) : On peut citer les routes nationales RN03, RN87, RN88
- Chemins wilaya (CW) : On peut citer les chemins de wilaya CW165, CW26 CW09 ET CW20

II.5.2- Présentation de la campagne de recensement des véhicules :

Pour les besoins de l'étude, une campagne de recensement de trafic a été organisée sur les axes d'accès des zones d'études, cette campagne a pour objectif de déterminer le volume et la composition du trafic actuel.

Le programme de la campagne de recensement de trafic a comporté :

- Des comptages automatiques en sections courantes.

La démarche d'étude de trafic est présentée à travers les étapes suivantes :

II.5.3- Analyse de la situation actuelle :

L'étude de trafic débutera à partir de l'ensemble des données existantes et liées au trafic dans les zones traversées par le projet, dans cette phase nous élaborerons un diagnostic de l'état actuel de la route en recensons :

- Le réseau routier de la zone d'étude.
- Le niveau de service qu'offre la route actuellement.
- Les contraintes qui longent la route au niveau des agglomérations et localités traversées.
- Le temps de parcours nécessaire pour la traversée de l'itinéraire.
- L'existence d'une gêne pour les usagers de cet itinéraire.

Cette prospection est basée sur :

- Les différentes visites du site.
- Les études antérieures élaborées dans notre zone d'étude.

Une évaluation des conditions de circulation sera élaborée, cette tâche consiste à évaluer l'impact de la demande projetée sur la situation restée telle qu'elle est aujourd'hui, c'est-à-dire sans projet d'investissement.

Cette situation, appelée situation de référence, sera analysée pour chacun des horizons futurs ou évaluera les volumes journaliers de trafic VL et PL attendus sur les sections considérées.

II.5.4- Comptages automatiques :

Des postes équipés de tubes pneumatiques, fournissant des chiffres correspondant à des paires d'essieux (unité de comptage automatique : U.C.A) Pour le comptage automatique nous avons établi une campagne pour l'ensemble des postes, sur une durée de 24 heures (comptage ininterrompu). Cette tâche sera réalisée sur une période d'une semaine complète (cinq jours ouvrables et deux jours de week-end).



Figure II. 1 : PHOTO POSTE N°02 (CW26 PK 32+000)

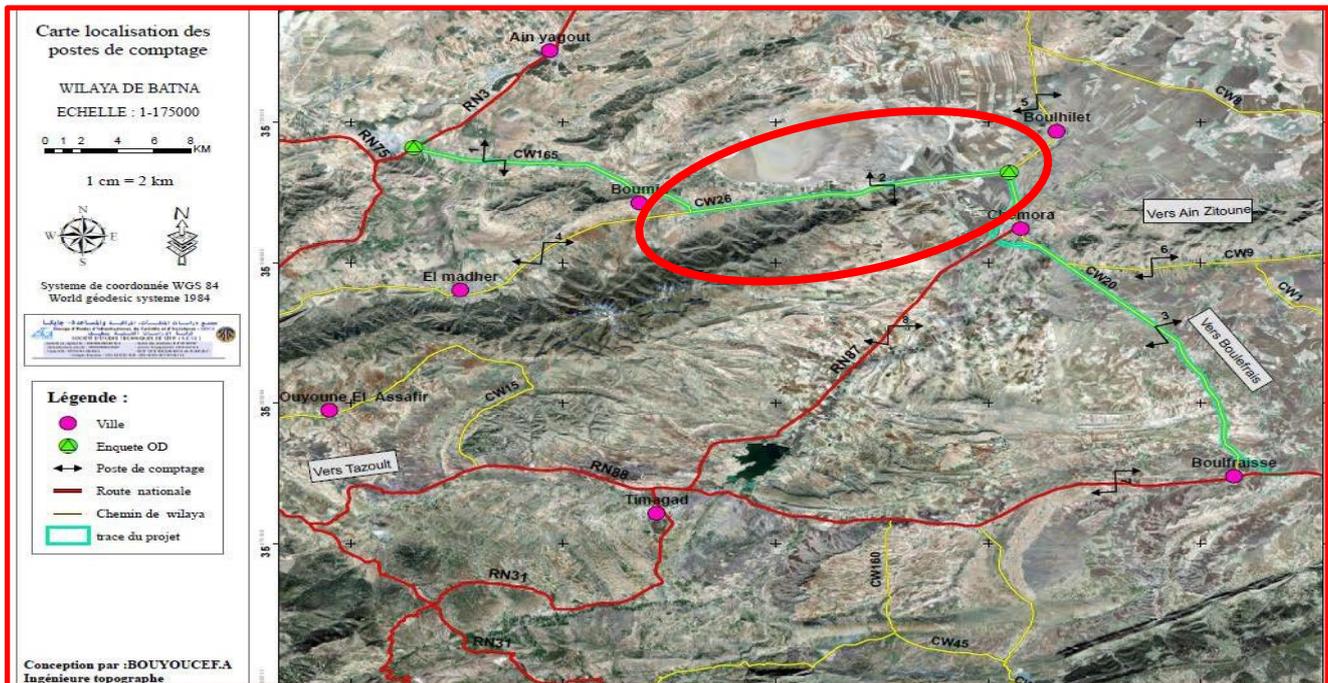


Figure II. 2: Repérage des points de comptage

Cette donnée est déterminée essentiellement pour connaître l’agressivité des véhicules lourds (PL) circulant sur la voie la plus chargée. Les résultats du comptage de trafic routier effectué en 2020 sont récapitulés dans le tableau résultant suivant :

Tableau II. 5:Les résultats du comptage de trafic en 2020

Section	TMJA 2020 (V/J)	% PL
Tronçon routier de CW26 BOUMIA VERS BOULHILET	7950	26

- ✓ $TMJA_{2020} = 7950$ v/j.
- ✓ Taux d'accroissement du trafic $\tau = 4\%$.
- ✓ Pourcentage de poids lourds $Z = 26\%$.
- ✓ Le comptage a été fait à l'année 2020
- ✓ La mise en service de la route 2024
- ✓ Année horizon : 2044
- ✓ La durée de vie de la route 20 ans

II.5.5- Application Numériques sur la CW26 :

➤ DETERMINATION DE NOMBRE DES VOIES :

II.5.5.1 - Calcul de trafic à l'année mise en service :

$$TMJA_{2024} = (1 + \tau)^n \times TMJA_{2020}$$

$$TMJA_{2024} = (1 + 0.04)^4 \times 7950 = \boxed{9300 \text{ (V/J)}}$$

II.5.5.2 - Calcul de trafic à l'année horizon :

$$TMJA_{2044} = (1 + \tau)^m \times TMJA_{2025}$$

$$TMJA_{2044} = (1 + 0.04)^{20} \times 9300 = \boxed{20378 \text{ (V/J)}}$$

II.5.5.3 - Calcul de trafic effectif à l'année mise en service :

$$T_{eff(2024)} = [(1 - Z) + P \times Z] \times TMJA_{2024}$$

$$T_{eff(2024)} = [(1 - 0.26) + 2 \times 0.26] \times 9300 = \boxed{11718 \text{ (uvp/J)}}$$

Avec : $P = 2$ (route de ≥ 4 voies) et de bonnes caractéristiques E1)

II.5.5.4 - Calcul de trafic effectif à l'année horizon :

$$T_{eff(2044)} = [(1 - Z) + P \times Z] \times TMJA_{2044}$$

$$T_{eff(2044)} = [(1 - 0.26) + 2 \times 0.26] \times 20378 = \boxed{25677 \text{ (uvp/J)}}$$

II.5.5.5 - Calcul de débit de pointe horaire à l'année horizon :

$$Q = (0.12) \times T_{eff(2044)}$$

$$Q = (0.12) \times 25677 = \boxed{3081 \text{ (uvp/h)}}$$

II.5.5.6 - Calcul le nombre de voies :

- ✓ Calcul le Débit admissible :

$$\boxed{Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}}$$

$K1$: Coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1

K2 : Coefficient correcteur pris égal à **1 pour environnement (E1) et catégorie (C2)** Avec :

Capacité théorique Cth (uvp/h)

Donc on est dans le cas d'une Route à chaussées séparées.

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : **1500 < Cth < 1800 uvp/h/sens.**

Si on prend **Cth = 1800**, le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800 = \mathbf{1350 \text{ uvp/h/sens}}$$

$$n = s \times \frac{Q}{Q_0} \quad \text{Avec : } s = \frac{2}{3} \quad n = \frac{2 \times 3081}{3 \times 1350} = 1,521 \approx \text{on prend 2 Voies}$$

Donc le nombre de voies est 2 voies par sens.

II.5.5.7 - Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation correspond à $Q_{eff} = Q_{saturation}$ Avec :

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} ;$$

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th} = 0.75 \times 1 \times 1800 = \mathbf{1350} ;$$

$$Q_{saturation} = 1350 \times 4 = \mathbf{5400 \text{ uvp/h}}$$

D'autre part :

$$TMJA_h = (1 + \tau)^n \times TMJA(2024) ;$$

$$T_{eff}(2024) = [(1 - Z) + P \times Z] \times TMJA_{2024}$$

$$T_{eff}(2024) = [(1 - 0.26) + 2 \times 0.26] \times 9300 = \mathbf{11718 \text{ (uvp/J)}}$$

II.5.5.8 - Calcul de débit de pointe horaire à l'année mise en service :

$$Q = (1/n) \times T_{eff(2024)} \quad \text{avec : } \left(\frac{1}{n}\right) = 0.12$$

$$Q = (0.12) \times T_{eff(2024)}$$

$$Q = (0.12) \times 11718 = \mathbf{1406 \text{ (uvp/h)}}$$

$$5400 = 1406 (1 + 0.04)^n$$

$$(1 + 0.04)^n = 5400 / 1406 = 3.84 ;$$

Alors $n = \ln 3.84 / \ln 1.04$ **Nous concluons** $n = 34,31$ donc **en prend n = 35 ans**

n = 35 ans **Cela signifie l'année de saturation est 2059**

II.6-Conclusion :

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II. 6: Récapitulatif des résultats de notre projet

TMJA 2020 (V/J)	TMJA 2024 (V/J)	TMJA 2044 (V/J)	Teff (2044) (uvp/J)	Q2044 (uvp/h)	N (voies) deux sens
7950	9300	20378	25677	3081	4

D'après le calcul de capacité du tronçon routier CW26 de Boumi a à Boulhilet (Province de Batna), on voit que sa section transversale est de : deux voies dans chaque sens (2 x 4,00 m), avec un TPC de 2 m, avec saturation visible à l'horizon de l'année 2059.

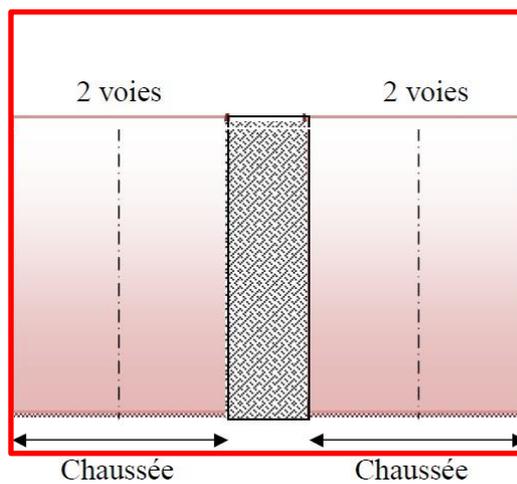


Figure II. 3: Route à 4 voies séparées

Chapitre III : TRACE EN PLAN.

III.1- INTRODUCTION :

Le TRACE EN PLAN est un concept fondamental dans la conception, la planification et la construction d'infrastructures routières. Il s'agit de la représentation graphique horizontale d'une route, vue de dessus, permettant de visualiser l'alignement et les caractéristiques principales de celle-ci. Ce plan est crucial pour le développement de projets routiers, car il offre une vue d'ensemble détaillée et précise du tracé prévu, facilitant ainsi les décisions techniques et les approbations réglementaires.

III .2- Définition :

Le tracé de la route est obtenu en projetant tous les points de la route sur un plan horizontal.

Le tracé d'une route consiste généralement en une série de lignes droites et d'arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressives.

Le tracé d'une route est caractérisé par des vitesses de base à partir desquelles les caractéristiques géométriques de la route peuvent être déterminées. L'aménagement routier doit garantir une bonne sécurité et un bon confort.

III.3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- Respecter les normes de la ARP (l'aménagement des routes principales).
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de visibilité de déplacement dans de bonnes Conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).

III .4- La vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenant dans l'élaboration du tracé d'une route.

III .4.1- Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic (volume, structure).
- Topographie. (degré de difficulté du terrain).
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

III .4.2- Vitesse de projet :

La vitesse de projet V_B est la vitesse la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

III .5- Les éléments du tracé en plan :**III.5.1 - Alignement droit :**

C'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique mais quia des inconvénients dans le domaine routier.

III.5.1.1 - Avantage :

- L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- Bonnes conditions de visibilité
- Construction facile.
- Absence de la force centrifuge.
- Dépassements aisés.

III.5.1.2 - Inconvénients :

- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- La vitesse est excessive.

La longueur des alignements dépend de :

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

III.5.1.3 - Règles concernant les alignements :**✓ Longueur minimale :**

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

$$L_{\min} = v.t$$

Avec : $t = 5$ secondes, V : Vitesse véhicule (m/s).

$$L_{\min} = 5v = \frac{5}{3.6} V_B$$

Avec : V_B : vitesse de base en (km/h).

III.5.1.4 - Longueur maximale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru pendant (01) minute à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60v = \frac{60}{3.6} V_B \quad \text{Avec : } V_B : \text{ vitesse de base en (km/h).}$$

Remarque : La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée parfois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

III.5.2 - Arcs de cercle :

Les courbes sont limitées par l'intervention des trois éléments :

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

III.5.2.1- Stabilité des véhicules en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge

$$F = \frac{MV^2}{2R} \quad \text{afin de réduire de cet effet, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement}$$

Vers l'intérieure de la courbe (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

III.5.2.1- Rayon horizontal minimal absolu $R_{hm} = (V_r ; d_{\max})$

C'est le rayon pour lequel la stabilité du véhicule est assurée ; et il ne faudrait jamais descendre au-dessous de cette valeur.

Il est défini par la relation suivante :

$$R_{h \min} = \frac{v_r^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

f_t : Coefficient de frottement transversal

III.5.2.2- Rayon minimal normal $R_{hn} = (V_r > 20 ; d_{\max})$

Le rayon minimal normal R_{hn} à la vitesse de référence (ou vitesse de base), par définition le rayon minimal absolu relative à la vitesse de référence immédiatement supérieur $v_b > 20 \text{ km/h}$

$$R_{hn} = \frac{(v_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})}$$

III.5.2.3- Rayon au dévers minimal (d_{\min}) 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 serait soit V_r équivalent à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

dévers : - d_{\min}

$$R_{hd} = \frac{v_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

III.5.2.4- Rayon minimal non déversé ($-d_{\min}$) Rhnd :

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

$$Rhnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad \text{Catégorie 1-2}$$

$$Rhnd = \frac{V_r^2}{127 (f'' - 0.03)} \quad \text{Catégorie 3-4-5}$$

Avec : $f'' = 0.07$ Catégorie 3 $f'' = 0.075$ Catégorie 4-5

III .6- Application au projet :

Pour notre projet qui situé dans un environnement 1 (E1), et classé en catégorie 2 (C2) avec une vitesse de Base de 80km/h.

Donc d'après le règlement des normes ARP, on a le tableau suivant :

Tableau III. 1 : Paramètres Projet

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	251.96
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	463.17
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1007.87
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd(-2.5%)	1439.82

III.7- Surlargeur :

Le calcul de la surlargeur est nécessaire pour les véhicules longs afin de leur faire éviter qu'une partie de leur carrosserie n'empiète sur la vois adjacente. on donne à la vois parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à ça largeur normal en alignement pour plus de sécurité et pour éviter un accrochage entre véhicules venant en sens invers.

Ce problème s'inscrit dans les virages à faibles rayons généralement inférieur à 200m La surlargeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe.

III.7.1- Calcul des surlargeurs :

Tableau III. 2 : Calcul des surlargeurs

Rayon (m)	40	45	60	80	100	160	180
Surlargeur (m)	1.25	1.00	1.00	0.5	0.5	0.25	0.25

III.8-Courbe de raccordement CR :

Il permet d'éviter la variation brusque de la courbe entre lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse .elle a comme propriété essentielle : la variation progressive de la courbure.

Elle apporte des avantages très intéressants :

- La stabilité transversale du véhicule ;
- Confort des passagers ;
- Transition de la forme de la chaussée ;
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III.8.1- types de courbe de raccordement :

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

- La parabole cubique
- La lemniscate
- La clothoïde.

A. Parabole cubique :

Déf : Cette courbe est d'un emploi très limité, vu le maximum de sa courbure vite atteint ; ne convient qu'à des raccordements de très grands rayons ; utilisée dans les tracés de chemin de fer.

B. La lemniscate

Déf : sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion ; utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute »

C. Clothoïde :

Déf : sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesuré à partir du point d'inflexion.

Variation de courbure contenue, dans le même sens, entre la courbure 0 et la courbure infinie.

C.i- Expression mathématique de la clothoïde :

La clothoïde est une courbe dont la courbure augmente proportionnellement au développement, donc pour laquelle le rayon de courbure R diminue progressivement de l'infinie à zéro, proportionnellement au développement.

On peut écrire : $c = K.L$ ou $R = k/L$ ou $R.L = K = Cte$

Avec :

c : Courbure.

R= 1/C= rayon de courbure.

L= développement de la clothoïde.

On obtient ainsi l'intérêt de cette courbe :

- Pas de surprise pour le conducteur, le braquage s'effectuant progressivement.
- Augmente de la zone de la visibilité.
- Introduction d'un dévers correspondant en chaque point à la valeur de rayon.
- Meilleure adaptation aux formes du terrain.
- Il est évident que l'on utilise qu'une portion de la clothoïde (jusqu'à l'obtention de la valeur R du rayon minimum à introduire).

La Clothoïde est définie par son paramètre A tel que $A = \sqrt{R \cdot L}$

C'est-à-dire que pour une clothoïde donnée le produit de la longueur L et du développement par le rayon R en un point quelconque est constant.

Les éléments permettant les calculs et les implantations sont tirés de tables spéciales.

Équation fondamentale $L \cdot R = A^2$

Tel que :

- ✓ L : longueur de la branche de clothoïde.
- ✓ A : Paramètre de la clothoïde.

C.ii-Éléments de la clothoïde :

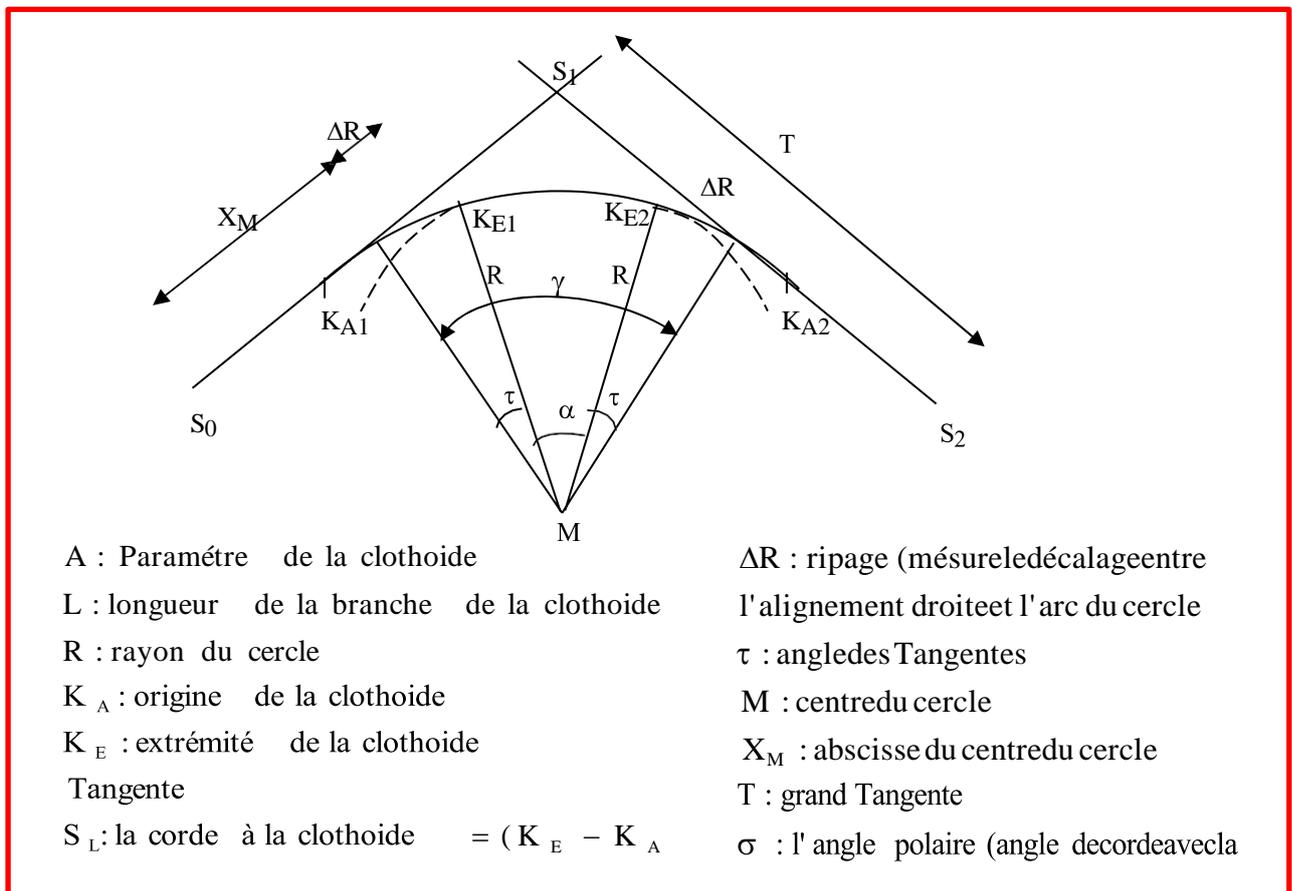


Figure III. 1: Éléments de la clothoïde

C.iii-Choix de la clothoïde :

- Choix de la clothoïde revient à choisir son paramètre A. des quatre conditions justifiant l'emploi des courbes de raccordement, c'est généralement la condition de confort qui est déterminante (pour $V_B < 80 \text{ Km/h}$) autrement dit celle qui exige les plus longue courbes de raccordement. L'examen de cette condition conduira à déterminer une première série de clothoïde minimal.
- Mais il ya lieu de vérifier la condition dite de gauchissement.
- Enfin la quatrième condition du tracé optique passera dans certain cas avant les deux précédentes pour imposer les limites au paramètre A (grand rayon des autoroutes par exemple).

Remarque

La clothoïde est définie par une seule donnée :

- Soit la longueur L
- Soit son paramètre A

C.iiii- Les différents types de courbes

Tableau III. 3: Types de courbes

1-Courbe en sommet	2- courbe en S	3- courbe en C	4- courbe en Ovale

1- Courbe en sommet : C'est Une courbe utilisée pour le raccordement de deux alignements droits de direction différente sans interposition d'arc de cercle.

2- Courbe en S : C'est une courbe relie deux arcs de cercle de sens contraire sans élément droit.

3- Courbe en C : Une courbe utilisé pour le raccordement de deux arcs de cercle de mêmes sens, les cercles étant extérieurs l'un à l'autre ou sécants

4- Courbe en Ovale : La courbe en ovale est constituée d'une suite arc de cercle-clothoïde-arc de cercle.

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

➤ **Condition optique :**

La clothoïde doit aider à la visibilité de la route en annonçant le virage, la rotation doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil

$$\tau \geq 3^\circ \Rightarrow \frac{L}{2R} \geq \frac{1}{18} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9} \text{ soit } A \geq \frac{R}{3} \Rightarrow$$

$$A_{min} = \frac{R}{3} \text{ et } A_{max} = R$$

➤ **Condition de confort dynamique :**

Dans un virage de rayon R et de dévers d, les roues du véhicule sont soumises à des forces de frottement transversal de résultante F.

$$C : \text{stabilité} : P \cdot d + F \geq F' \Rightarrow F \geq \frac{mv^2}{R} - mg \cdot \Delta d \Rightarrow F \geq \left(\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d \right)$$

C'est l'introduction trop brutale de la force F qui est dangereuse pour la stabilité du véhicule et inconfortable pour l'utilisateur.

La condition de confort dynamique consiste donc à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

Cette variation est limitée à une fraction de l'accélération de pesanteur $K \cdot g = \frac{g}{0.2V_B}$

$$\text{Soit } \frac{\frac{v^2}{R} - g \cdot \Delta d}{\Delta t} \leq \frac{g}{0.2V_B} \text{ avec } \Delta t = \frac{L}{v}, v = \frac{V}{3.6} \text{ et } g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$L \geq \frac{V^2}{18} \left(\frac{V^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right)$$

Projection au projet :

Route Catégorie 2, $V_B=80 \text{ km/h}$ $R=250 \text{ m}$ $d=7\% \rightarrow$

$$L \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \cdot 250} - 0.095 \right) = 37.90 \text{ m}$$

➤ **Condition de gauchissement**

Le raccordement doit assurer à la route un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2% par seconde

$$L \geq \frac{l}{50} \cdot \Delta d \cdot V$$

Δd : Différence de dévers en %

V : en km/h limité à 100

L : Distance axe de rotation - bord de chaussée

Projection au projet : Route $V=80 \text{ km/h}$ $R=250 \text{ m}$ $d=7\%$ $L \geq \frac{3.5}{50} \cdot 9.5\% \times 80 = 53.2 \text{ m}$

Le dévers doit aussi être introduit progressivement entre l'alignement et l'arc de cercle, Sur l'arc de cercle, le dévers reste constant. Sur l'alignement droit, il a aussi une valeur constante. Il doit donc passer sur le raccordement progressif d'une valeur minimale en alignement à une valeur maximale sur la courbe circulaire.

$$d = 0.003V_B^2 \left(K - \frac{1}{5000} \right) + 0.0125$$

$$d' \text{ où } K = \frac{1}{R}$$

Sachant que le conducteur aborde un virage à une vitesse donnée, seul le terme K peut varier ce qui implique de définir entre la ligne droite et le cercle de rayon R une courbe de raccordement à courbure progressive.

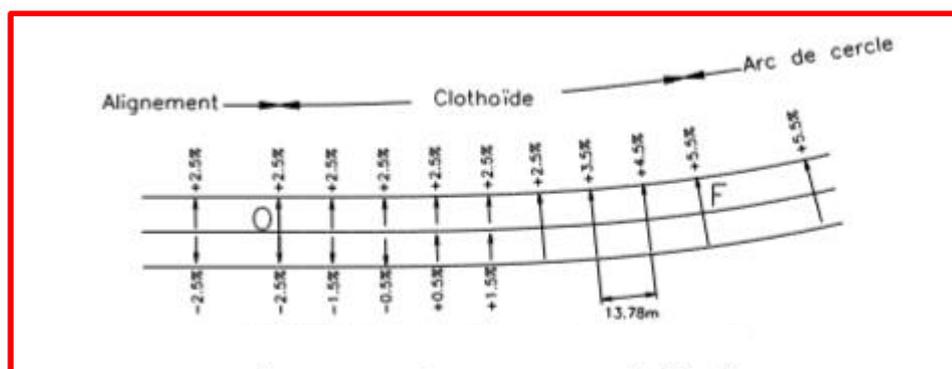


Figure III. 2: Vue en plan d'un clothoïde

Sur l'exemple du paragraphe, le dévers minimal en alignement droit, sur le côté de la chaussée qui passe en extérieur du virage, est de $-2,5\%$. Ce dévers doit passer à la valeur $+5,2\%$ (arrondie à $+5,5\%$) dans le virage. La variation est donc de $5,5 - (-2,5) = 8\%$ et doit se répartir sur la longueur du raccordement progressif, soit $110,25\text{ m}$ donc à raison de 1% tous les $13,78\text{ m}$.

Pratiquement, il existe deux solutions :

- Soit on commence à inverser le dévers sur la voie extérieure du virage jusqu'à rattraper la valeur de dévers de la voie intérieure, ici $+2,5\%$, et ensuite on déverse la chaussée sur toute sa largeur.
- Soit on fait basculer symétriquement les deux voies de la chaussée autour de l'axe central.

S'il n'y a pas de raccordement progressif, le dévers débute sur l'alignement droit pour atteindre sa valeur maximale au début de l'arc de cercle du virage.

III.9- Devers :

Pour l'évacuation des eaux pluviales au droit des alignements et assure la stabilité dynamique des véhicules en courbe, la route nécessite un dévers qui est par définition la pente transversale de la chaussée.

III.10- Calcul D'axe :

Le calcul d'axe est l'opération de base par le quelle toute étude d'un projet routier doit commencer. Elle consiste au calcul d'axe point par point du début de tronçon jusqu'à la fin de celui-ci.

Le calcul d'axe se faire à partir d'un point (A) précis dont on connaît ces coordonnées, il ne peut se faire qu'après avoir déterminé le couloir par lequel la route doit passer.

III.10.1- Démarche à suivre :

1- Détermination des coordonnées (x, y) des sommets à partir d'une simple lecture sur lelevé topographique

- 2- Fixé le rayon au sommet
- 3- Choix de la clothoïde. La clothoïde est définie par une seule donnée : Soit sa longueur L Soit son paramètre A.
- 4- Calcul des gisements :
- 5- on déduire l'angle des tangentes (α) entre les alignements.
- 6- Calcul des tangentes
- 7- Calcul de la corde polaire SL.
- 8- Vérification de non- chevauchement.
- 9- Calcul de l'arc en cercle.
- 10- Calcul des coordonnées des points particuliers.
- 11- Calcul des kilométrages des points particuliers.

III.11-Application au projet :

Le traitement fait avec le logiciel « **AUTOPISTE** », ET Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe.

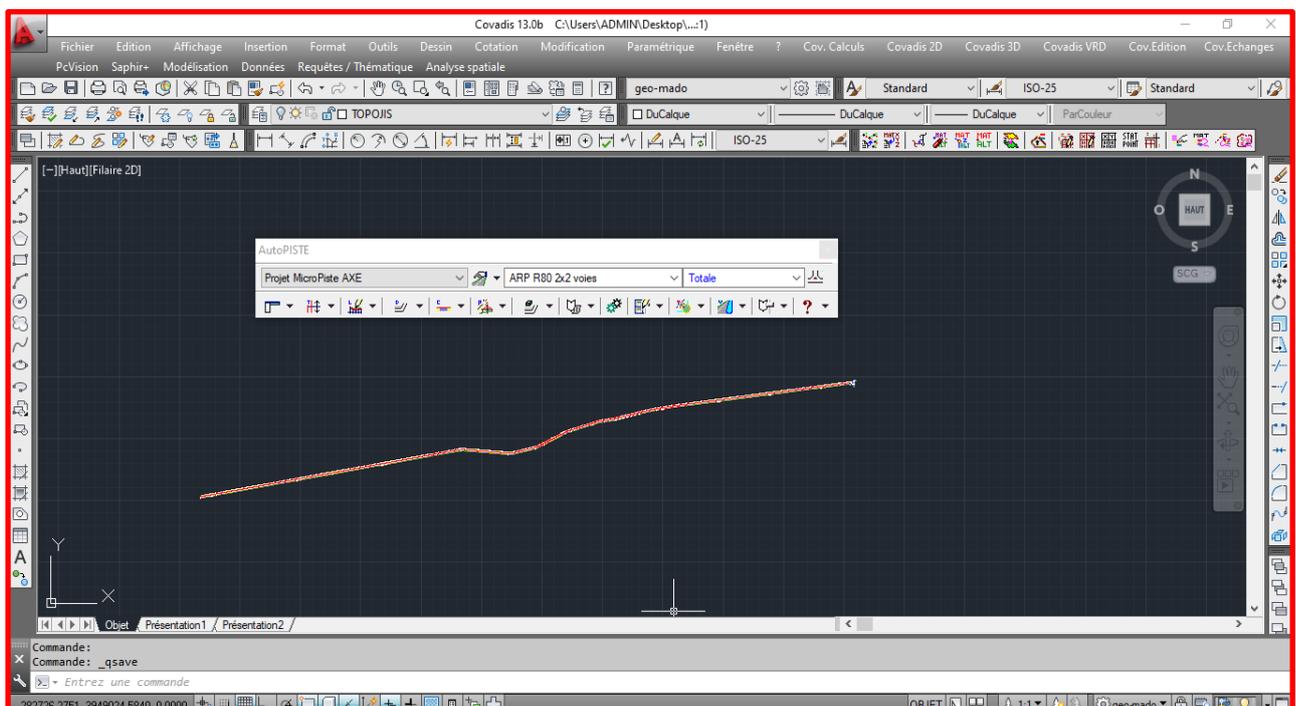


Figure III. 3: Tracé en plan par autopiste

Chapitre IV : PROFIL EN LONG

IV.1- Introduction :

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du trace et une bonne perception des points singuliers.

Afin d'éviter des terrassement importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes

IV.2- DEFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle (n'est pas une projection horizontal).

IV.3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG :

- 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 en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.4- ELEMENT GEOMETRIQUE DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccords paraboliques caractérisés par leur rayon.

IV.4.1- Les types de rayons :

- Les rayons en angles rentrants (concaves).
- Les rayons en angle saillant (convexes).

IV.4.1.1- Les rayons en angle saillant (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 obstacle ou pour dépassement.

IV.4.1.2- Les rayons en angles rentrants (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.

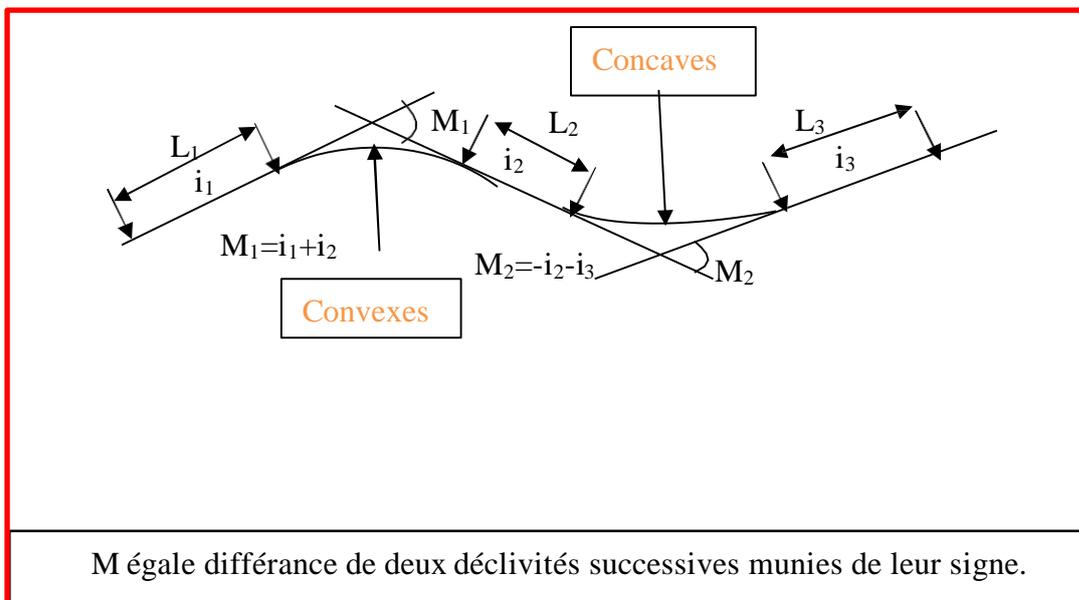


Figure IV. 1: Élément géométriques du profil en long

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques des profils en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après : (selon l'ARP)

Tableau IV. 1 : Les paramètres géométriques

CATEGORIE DE ROUTE	R80
Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant (en m)	3000
Rayon minimal en angle rentrent (en m)	2200

IV.5- COORDINATION DU PROFIL EN LONG ET DU TRACE EN PLAN :

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échange) afin :

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultant d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
 - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
 - D'amorcer la courbe en plan avant un point haut Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
 - De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

IV.6- EXIGENCE DE VISIBILITE :

La distance de visibilité dépend généralement de la vitesse pratiquée, du temps de réaction et selon le type de réaction et de la distance nécessaire à la manœuvre (freinage, modification de la trajectoire et le démarrage).

Pour rendre compte des vitesses effectivement pratiquées par les usagers, on utilise conventionnellement et conformément aux normes internationales, la vitesse V en dessous de laquelle route 85 % des usagers en condition de circulation fluide.

La vitesse V peut être estimée en fonction des principales caractéristiques géométriques du site à partir des fonctions ou des abaques qui traduisent les résultats d'étude sur la relation géométrie / vitesse.

IV.6.1- Visibilité sur un virage :

Le conducteur doit disposer d'une visibilité tel qu'il puisse percevoir le virage modifier son comportement (vitesse, trajectoire) à temps.

La distance nécessaire peut être estimée dans les cas courants à une distance correspondante à 3 secondes parcourues à la vitesse V_{85} pratiquée

V_{85} si V_{85} est exprimée en m/s \times en amont du virage, soit 3

- Point d'observation : $H=1$ m, situé à 2 m du bord droit de la chaussée.
- Point observé : $H=0$ m, situé à l'axe de la chaussée, au début de la Partie circulaire du virage.

IV.6.2- Visibilité sur un obstacle situé sur la chaussée :

La probabilité de présence sur la chaussée d'un obstacle inerte de faible épaisseur susceptible de poser un problème de sécurité est très réduite.

Seule la probabilité de présence d'un véhicule arrêté ou encore la présence d'un piéton.

- Point d'observation $H=1$ m, situé à 2 m du bord de la chaussée.
- Point observé $H=0,35$ m, situé sur l'axe de la voie de circulation (2 m au bord droit de la chaussée). Pour les route exposer à des chutes de pierres $H=0,15$ m.

IV.7- DECLIVITES DU PROFIL EN LONG :**IV.7.1- Définition de la déclivité :**

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de Pente : pour les descentes et de Rampe : pour les montées.

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence m des deux déclivités

- Raccordement pente- rampe ($m<0$): arc concave.
- Raccordement rampe- pente ($m>0$): arc convexe.

IV.7.2- Déclivité minimale :

Pour les déclivités minimales en profil en long, il n'est plus imposé en règle générale de valeur minimale, il est nécessaire une déclivité de :

- 0.5% dans les zones ou la pente transversale de la chaussée est inférieure à 0.5%, s'il y a risque de verglas.
- Dans la longue section en déblai ; au moins 0.2% pour l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterré du côté aval.
- Au moins 0.2% dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

IV.7.3- Déclivité maximale :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

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

Le tableau ci-dessous est représenté la déclivité maximale selon la catégorie de la route.

Tableau IV. 2 : la déclivité maximale selon la catégorie de la route.

Catégorie de la route	R60	T80et R80	T100
Déclivité maximale (Imax)	7%	6%	5%

Pour notre cas la vitesse $V_b=80$ Km/h donc la pente maximale $I_{\max}=6\%$

IV.8- DÉTERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2R Y = 0$.

À l'équation du parabole $X^2 - 2RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points **A, D**.
- Donnée La pente **P₁** de la droite (**A_S**).
- Donnée la pente **P₂** de la droite (**D_S**).
- Donnée le rayon **R**.

IV.8.1- Détermination de la position du point de rencontre (s) :

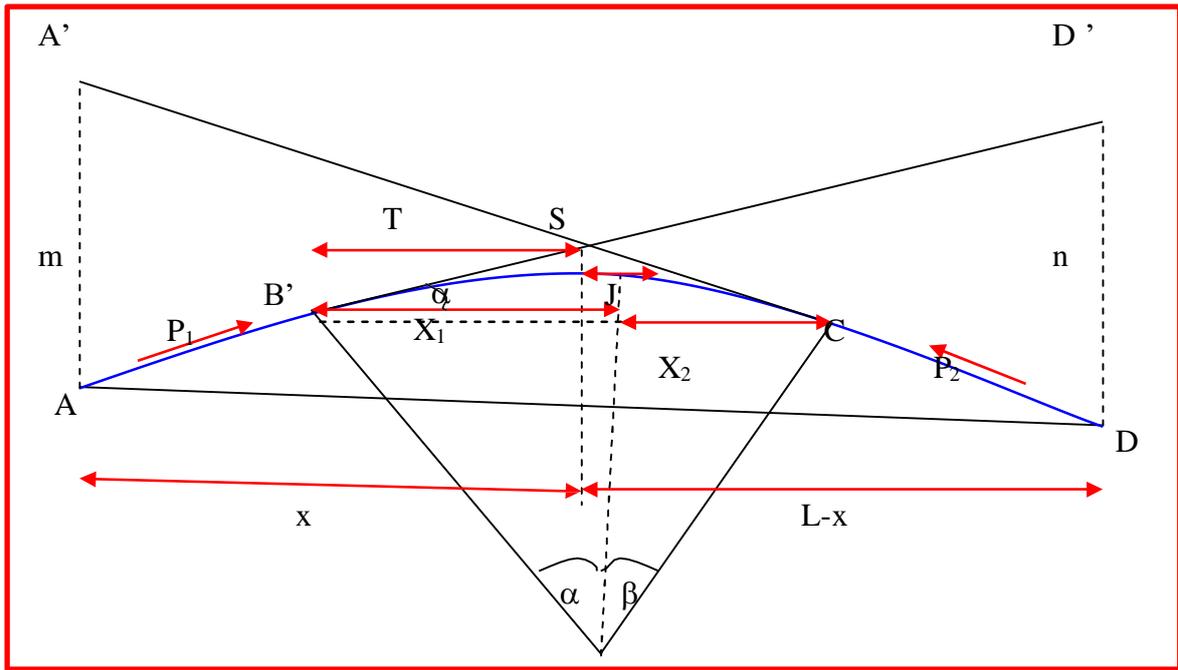


Figure IV. 2: Raccordement d'un profil

$$Z_A = Z_{D'} + L p_2, \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + L p_1, \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc : $m/n = x / (L-x) \Rightarrow x = m \cdot L / (n+m)$

$$S \begin{cases} X_S = \frac{-Z_A + Z_D + P_1 \cdot X_A + P_2 \cdot X_D}{P_1 + P_2} \\ Z_S = Z_A + P_1 (X_S - X_D) \end{cases}$$

IV.8.2- Calcul de la tangente :

$$T = R/2 (p_1 + p_2)$$

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

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S - T p_2 \end{cases}$$

IV.8.3- Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

IV.8.4- Calcul de la flèche :

$$Z = X_1^2 / 2R$$

IV.8.6- Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (J)

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 = R p_1 \\ X_2 = R p_2 \end{array} \right. \quad \mathbf{J} \quad \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_B + X_1 \\ Z_J = Z_B + Z \end{array} \right.$$

Dans le cas des pentes de même sens le point **J** est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (**J**) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point **J**, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens **J** (**A**) et **J** (**D**).

Projection au projet :



Figure IV. 3: Raccordement de rayon de 5500 m

Tableau IV. 3 :Coordonnées des points de raccordement

	X(m)	Z(m)
A	7111.64	846.116
S	7911.01	866.545
D	8240.86	862.741

➤ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \Delta Z_1 / S_1 \quad P_1 = \frac{866.545 - 846.116}{7911.01 - 7111.64} = 0.0255 \quad \boxed{P_1 = 2.55\%}$$

$$P_2 = \Delta Z_2 / S_1 \quad P_2 = \frac{866.545 - 862.781}{7911.01 - 8240.86} = -0.0114 \quad \boxed{P_2 = -1.14\%}$$

➤ **Calcul de la tangente :**

$$T = \frac{1}{2} * (0.0114 + 0.0255) * 5500 = 101.475 \text{ m}$$

$$\boxed{T = 101.475 \text{ m}}$$

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

$$\mathbf{C} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{XC} = \mathbf{XS} - \mathbf{T} = 7911.01 - 101.475 = \mathbf{7809.535 \text{ m}} \\ \mathbf{ZC} = \mathbf{ZS} - (\mathbf{T} * \mathbf{P1}) = 866.545 - (101.475 * 0.0255) = \mathbf{863.975 \text{ m}} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{D} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{XD} = \mathbf{XS} + \mathbf{T} = 7911.01 + 101.475 = \mathbf{8012.485 \text{ m}} \\ \mathbf{ZD} = \mathbf{ZS} - (\mathbf{T} * \mathbf{P2}) = 866.545 - (101.475 * 0.0114) = \mathbf{865.388 \text{ m}} \end{array} \right.$$

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

$$\mathbf{L} = 2 * \mathbf{T} = 2 * 101.475 = \mathbf{202.950 \text{ m}}$$

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

$$\mathbf{X} = \mathbf{R} * \mathbf{P}_1 = 5500 * 0.0255 = \mathbf{140.25 \text{ m}}$$

$$\mathbf{Z} = (\mathbf{R}/2) * \mathbf{P}_1^2 = (5500/2) * 0.0255^2 = \mathbf{1.788 \text{ m}}$$

$$\mathbf{J} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{X}_\mathbf{J} = \mathbf{XC} + \mathbf{X} = 7809.535 + 140.25 = \mathbf{7949.785 \text{ m}} \\ \mathbf{Z}_\mathbf{J} = \mathbf{ZC} + \mathbf{Z} = 863.975 + 1.788 = \mathbf{865.763 \text{ m}} \end{array} \right.$$

Chapitre V :
DIMENTIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE.

V.1- INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois résister, la route devra réaliser aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc....., pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

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

- ✓ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- ✓ L'environnement de la route (le climat essentiellement) et le sol support.
- ✓ Les matériaux utilisés.
- ✓ La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- ✓ La durée de vie de la chaussée.

V.2- DEFINITION DE LA CHAUSSEE :

- **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.

V.3- LES DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE :

Il existe trois types de chaussée :

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

V.3.1- Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.

- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

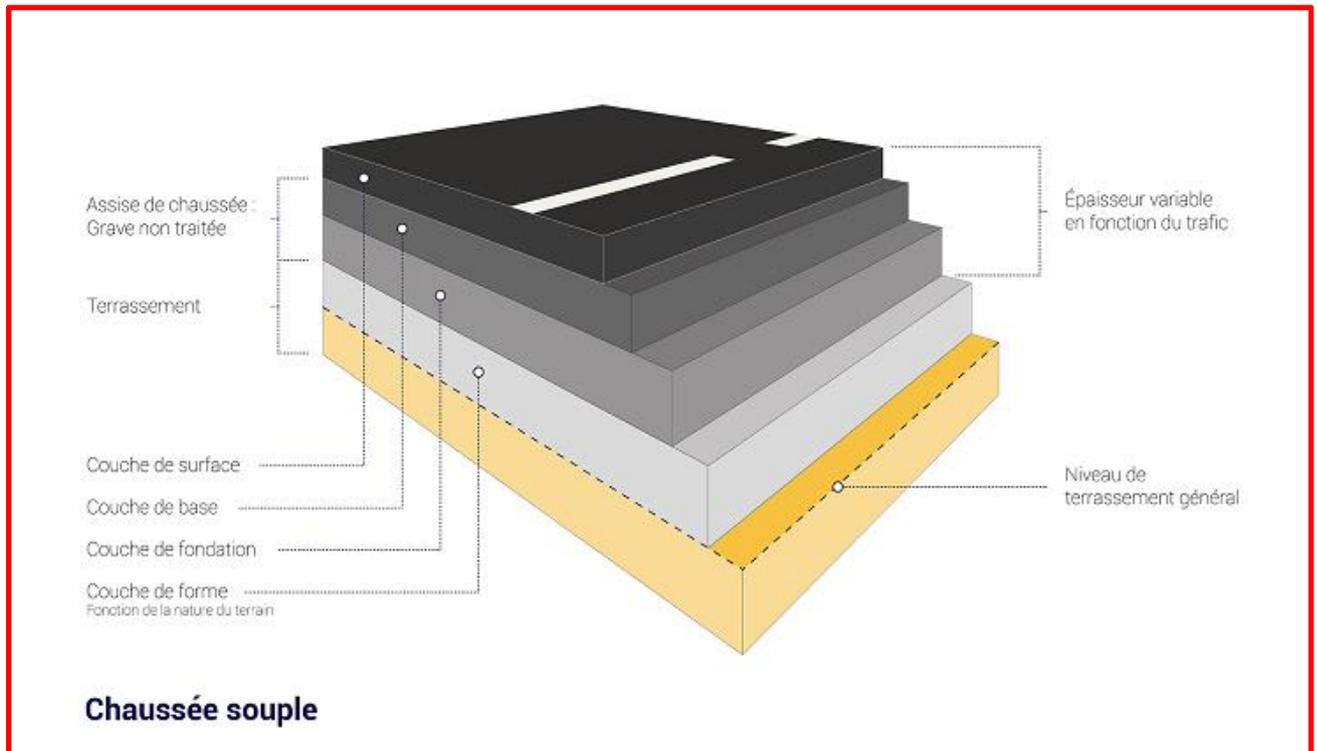


Figure V. 1: Structure type d'une chaussée souple

V.3.1.1- Couche de roulement (surface) :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

La couche de liaison a, pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

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

V.3.1.2- Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

V.3.1.3- Couche de fondation :

Assurer une bonne uni et bonne portance de le chaussée finie,et aussi , Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

V.3.1.4- Couche de forme :

- ✓ Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme.
- ✓ Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- ✓ Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.
- ✓ Actuellement, on tient compte d'améliorer de la portance du sol support à long terme, par la couche de forme.
- ✓ L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 30et 70 cm.

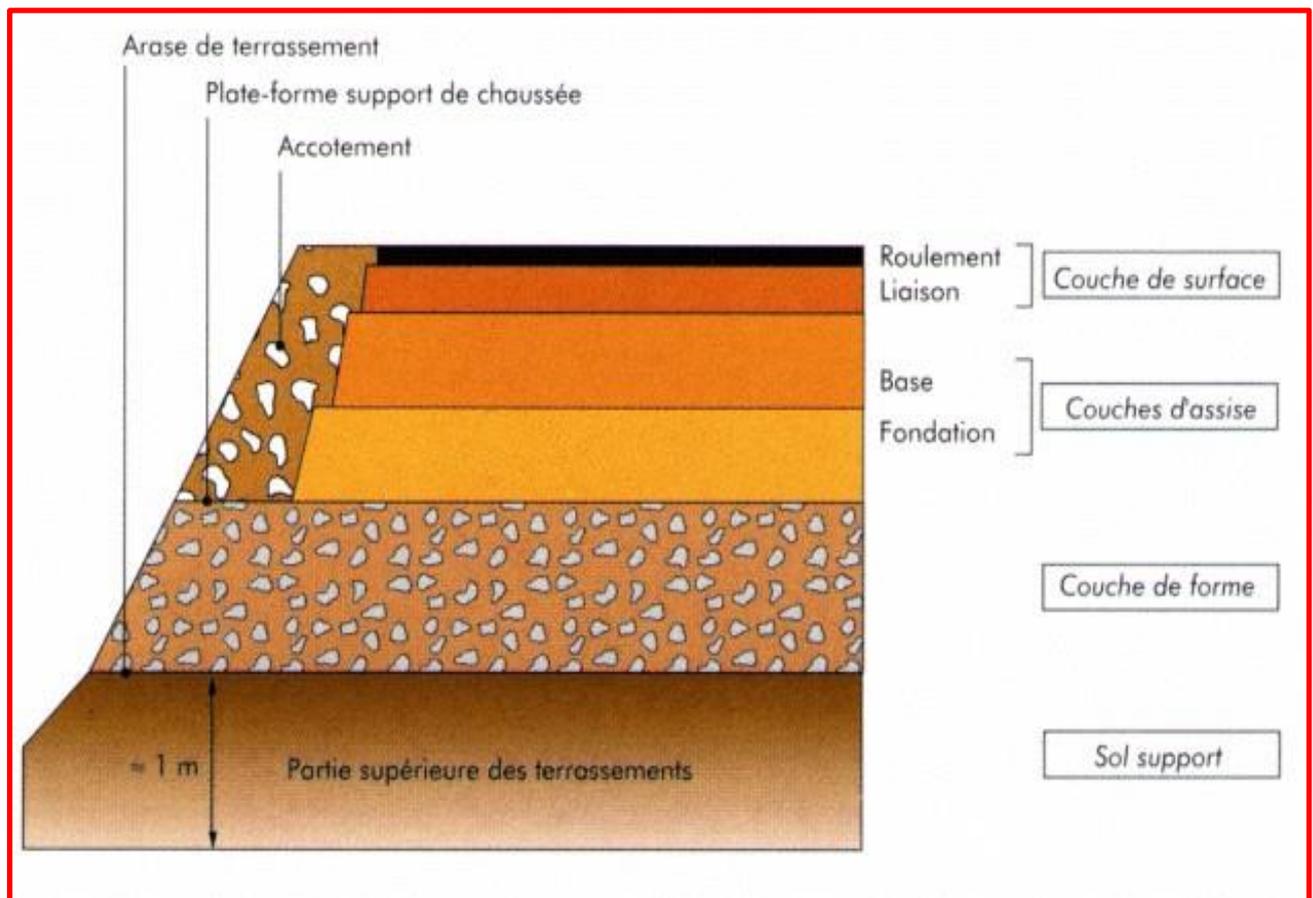


Figure V. 2: Les différentes couches d'une chaussée souple

V.3.2- Chaussée semi –rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...)

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

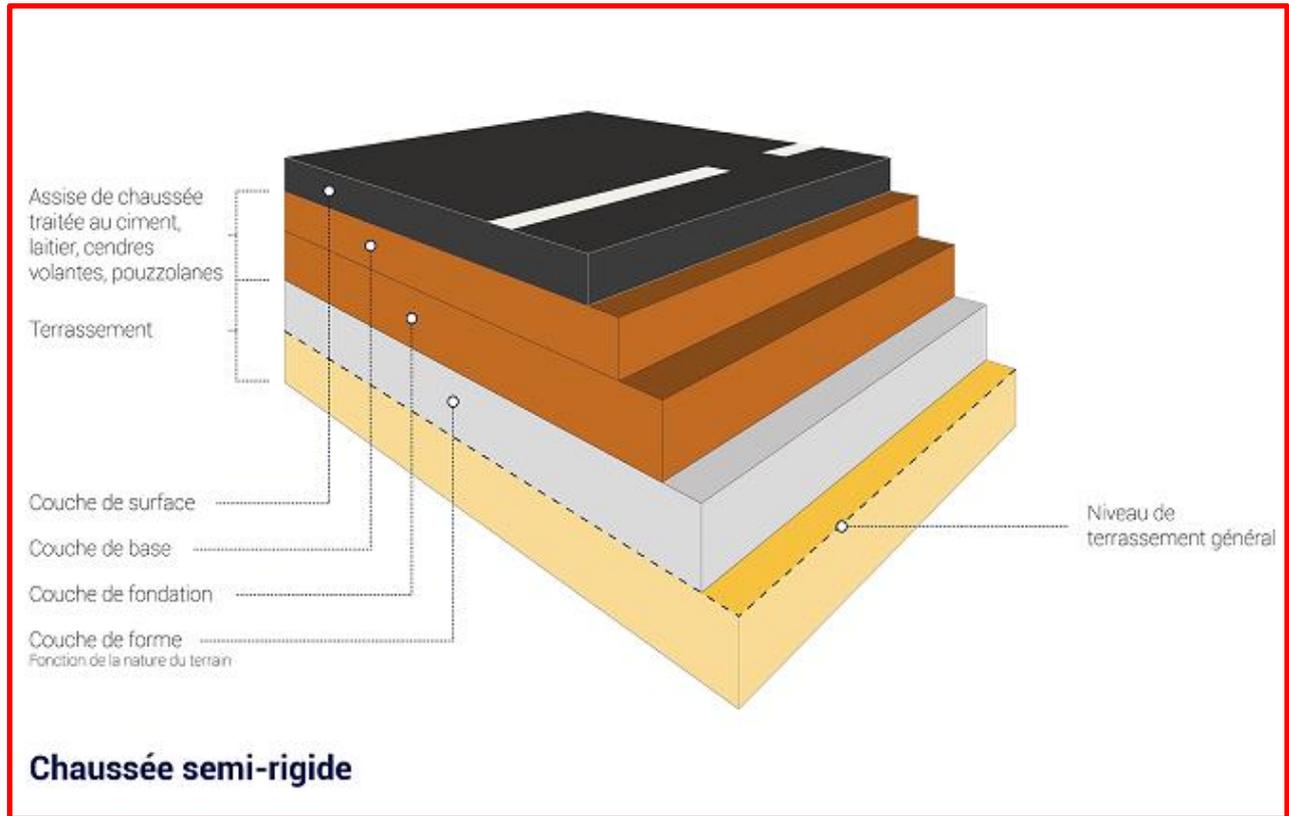


Figure V. 3: Structure type d'une chaussée semi-rigide

V.3.3- Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

Type B : Dalle de béton de ciment (18 à 24 cm), reposant sur une assise en matériaux bitumineux de 5 cm et une fondation en sable traité aux liants hydrauliques (50 à 60 cm).

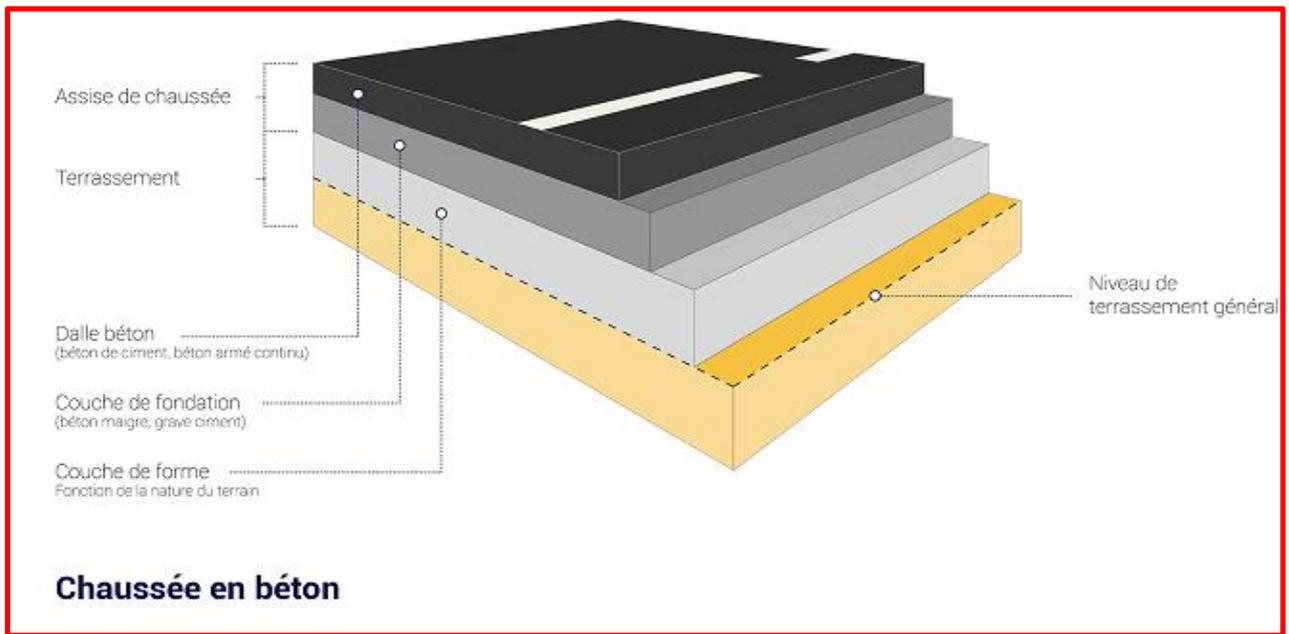


Figure V. 4: Structure type d'une chaussée rigide

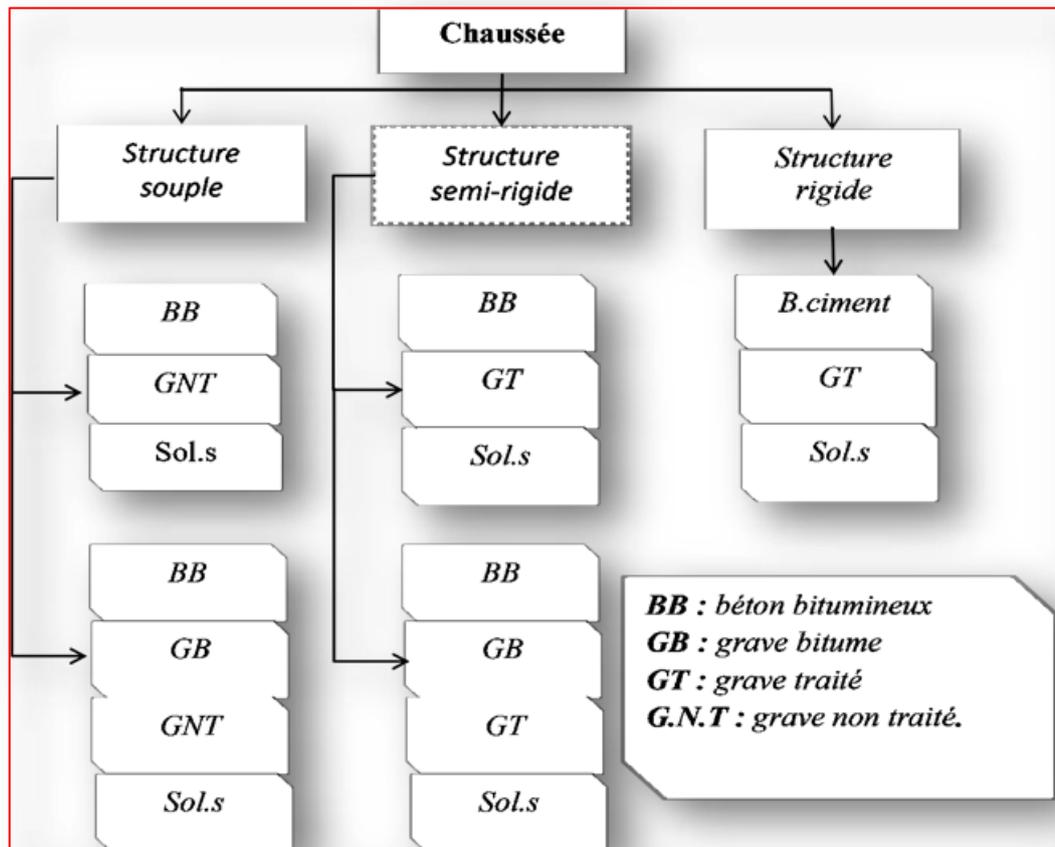


Figure V. 5 : Types de chaussées

V.4- les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au :

V.4.1- TRAFIC :

Le trafic principalement le trafic poids lourds , est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée , le trafic gouverne les choix suivants :

- 1- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- 2- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \cdot A \cdot C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic

C : facteur de cumul :

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau.$$

τ : Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

V.4.2- ENVIRONNEMENT :

l'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

V.4.3- LE 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.

V.4.4- MATERIAUX :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds) .

V.5- LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

V.5.1-LES METHODES THEORIQUES :

Ces méthodes assimilent la chaussée à un corps justiciable des procédés de l'élasticité ces méthodes qui sont peu utilisées en pratique servent de base aux travaux de recherche entreprise dans ce domaine elles peuvent se borner à l'étude élastique des systèmes multicouches soumis à des charges statiques (EX : Bousinessq, Burmister, Hogg ,Jeuffroy, ...etc.)

V.5.2-LES METHODES EMPIRIQUES (CLASSIQUES) :

Ces méthodes basées des connaissances technologiques expérimentales et des constatations sur les comportements des chaussées (EX : méthode de steel, méthode de l'aviation civil américaine, etc....).

V.5.3-LES METHODES SEMI-EMPIRIQUES :

Ces méthodes combinent les résultats des études théoriques et des essais constatations faites sur la chaussée, ces méthodes sont les plus répandues et les plus rationnels et les plus utilisée.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisée sont :

- La méthode de C.B.R (**C**alifornia-**B**earing-**R**atio)
- La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- La méthode du catalogue de la structure du CTPP(Algérie)
- La méthode L.C.P.C (laboratoire central des ponts chaussés). On peut citer :

V.5.3.1- Méthode CBR (Californien Bearing Ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

- E_{eq} : épaisseur totale (cm).

- **I**: Indice CBR.
$$E_{eq} = \frac{100+150(\sqrt{P})}{I_{CBR}+5}$$

- **P** : charge par roue ; P= 6.5 t

En tenant compte de l'influence de trafic, la formule précédente devient :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

- N : nombre de poids lourds par sens par la voie la plus chargée.
- Log : logarithme décimale.

Avec **TMJA n** : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans,

n : année de prévision.

$$N(PL\%) = TMJA \ n \ X \ Z$$

N : nombre moyen journalier de poids lourds

a- Détermination des épaisseurs des couches :

Après avoir calculé l'épaisseur totale de la chaussée faite en matière de grave propre, on répartie cette épaisseur sur toute les couche par l'utilisateur d'un coefficient d'équivalence «a» pour chaque type de matériau de façon suivante :

- ✓ Calculer l'épaisseur totale de la chaussée.
- ✓ Fixation des épaisseurs de couche de surface et couche de base.
- ✓ On calcul l'épaisseur de la couche de fondation on utilisant la formule suivante :

$$E_{eq} = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3$$

e₁, e₂, e₃ : Les épaisseurs réelles des couches.

b- Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique «a» appelé coefficient d'équivalence.

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

$$e = \sum a_i \times e_i = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3$$

e₁ × a₁ : couche de roulement.

e₂ × a₂ : couche de base.

e₃ × a₃ : couche de fondation.

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

Tableau V. 1 : les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence (<i>a</i>)
Béton bitumineux B.B	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.00 à 1.20
G.C ou G.N.T	1.00
Tuf	0.6
Grave roulée – grave sableuse (T.V.O)	0.75
Sable	0.50
Grave bitumineux	1.20 à 1.70

- ✓ Couche de fondation (CF) : ne dépasse pas 60cm (est comprend G.C=15-25 cm G.N.T=15 à 30 cm T.V.O=30 cm et plus).
- ✓ Couche de base (GB) varie entre : G.B=10 à 20 cm
- ✓ Couche de roulement (CR) varie entre : B.B=6 à 8 cm

V.5.3.2-Méthode catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP) :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support, environnement.

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

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

- **Approche théorique.**
- **Approche empirique.**

V.5.3.2.1-La démarche de catalogue :

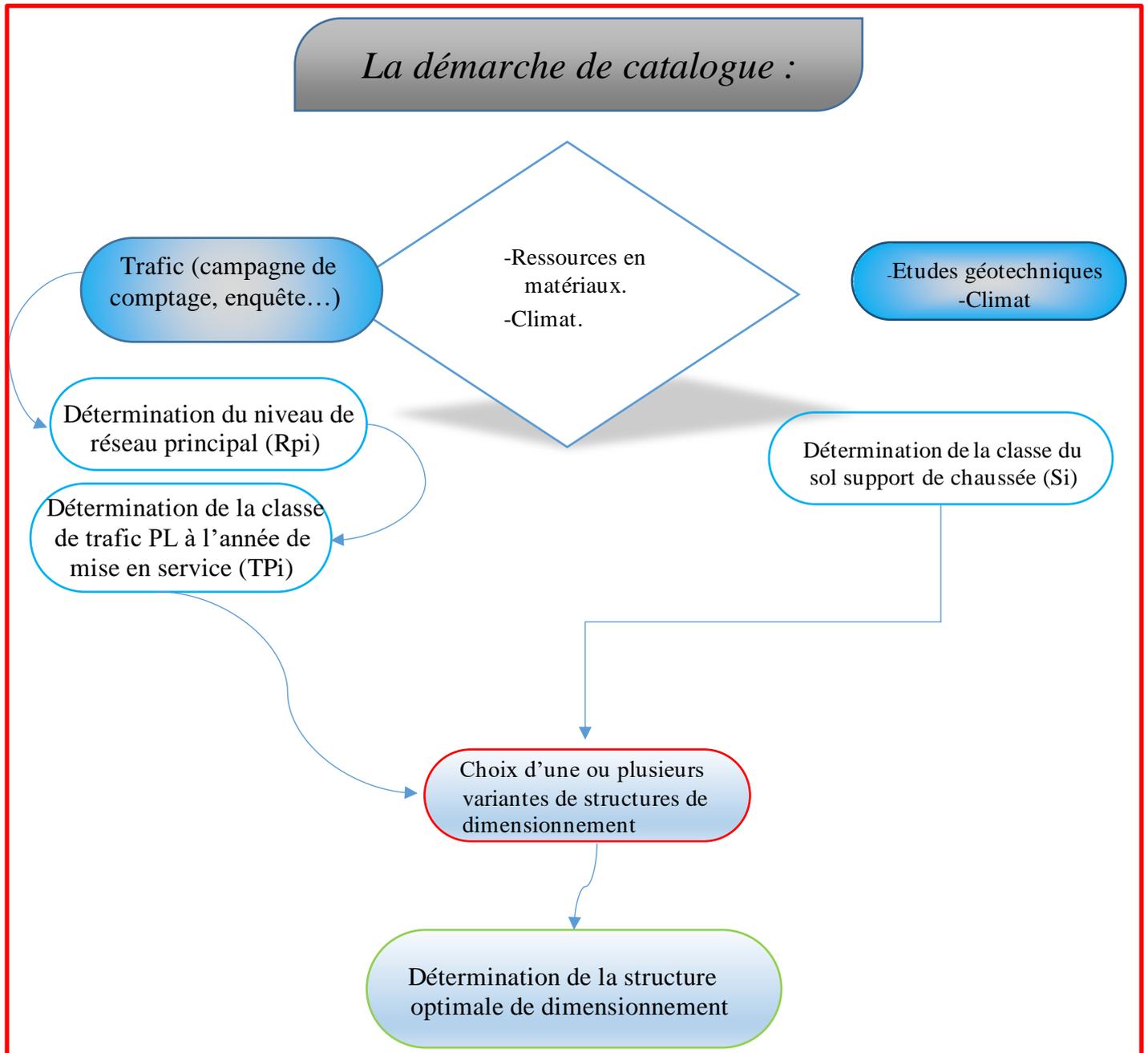


Figure V. 6: Organigramme de la démarche de catalogue

Il présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- ✓ Trafic cumulé de poids lourds aux 15 ans T_j .
- ✓ Les caractéristiques de sol.

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- ✓ Le trafic.
- ✓ La portance du sol support de la chaussée.
- ✓ Zone climatique.
- ✓ Les matériaux.

V.5.3.2.2-Les principes de méthode :

a. Détermination du type de réseau :

- Réseau principal noté RP :

Il se compose de route reliant :

- ✓ Le chef lieux de wilaya.
- ✓ Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- ✓ Les principales importantes zones industrielles agglomérations. Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- ✓ RP1 ($T > 1500$ V/J) : RN, autoroute, CW.
- ✓ RP2 ($T < 1500$ V/J) : RN, CW.

Le linéaire total de réseau principal RP est d'ordre de 18.400 Km.

- Le réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900Km.

b. Détermination de la classe de trafic :

On adopte les valeurs suivantes :

- ✓ **Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lent de droite.**

La classe de trafic (TPL_i) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafic (TPL_i) adoptée 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 mis en service.

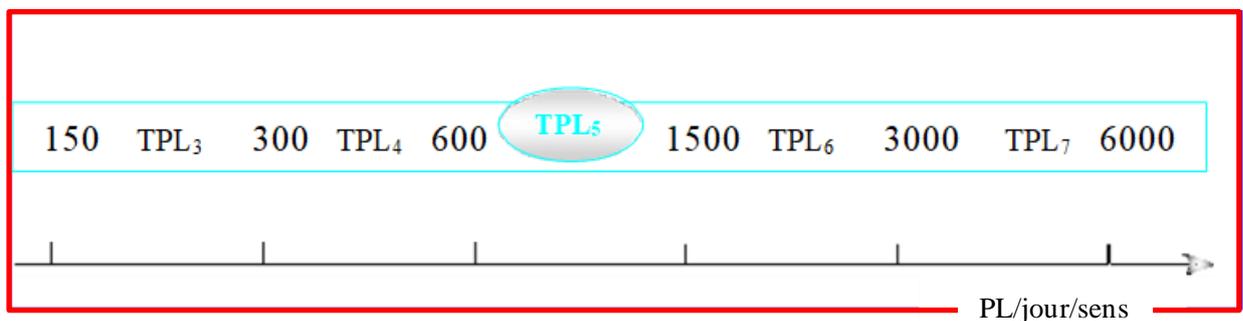


Figure V. 7: Classes TPL_i

c. Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice **CBR** mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement se fait en respectant les seuils suivant Classes de portance des sols S_i

Tableau V. 2 : classe de portance des sols selon CTPP

Portance S_i	CBR
S4	< 5
S3	5 – 10
S2	10 – 25
S1	25 – 40
S0	> 40

d. Plages probable de portance des sols :

Argiles, limons : S4, S3, S2.

Sable, grave : S3, S2, S1, S0.

e. Portance de sols terrassés :

Importance du rapport géotechnique «l'étude géotechnique est nécessaire, car elle permettra d'identifier et de classer les sols».

f. Zones climatiques :

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

Tableau V. 3 : classification climatique.

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

g. Cas des sols sensible à l'eau :

L'essai CBR à prendre en compte sera fonction de la zone climatique considérée :

- CBR imbibé à 4 jour pour les zones climatiques I et II.
- CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau (sables et graves propres, sils grossiers) la portance est déterminée à partir des essais de chargement à la plaque (module EV2).

- Classe de portance de sol-supports : **E(MPa)= 5 X CBR**

Tableau V. 4: classe de sols support selon le module E

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

h. Sur classement des sols supports de chaussées :

Lorsque des cas de sols de faible portance (inf à S4 en RP2, inf à S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme de forme devient nécessaire.

L'utilisation d'une couche de forme permet un sur classement de portance du sol tassé.

Tableau V. 5 : Amélioration de la portance du sol support.

Classe portance du sol tassé (Si)	Matériaux de couche de forme (C.F)	Épaisseur de couche de forme (C.F)	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités	50cm (en 2couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 2couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40cm (en 2couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm (en 2couches)	S1
S2	Matériaux non traités	40cm (en 2couches)	S1

V.5.3.3- Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est le catalogue des structures types neuves et établi par « SETRA ». Il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (**grave non traité GNT, grave concassée GC, sable bitume SB**). Cette méthode considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de **200 à 1500 véh /j**. il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la **15^{ème}** année.
- Les caractéristiques de sol.

V.6 -APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement de corps de chaussée on va utiliser les deux méthodes précédentes qui sont la méthode CBR et la méthode du catalogue des chaussée neuves « CTTP ».

On a : $TMJA_{2020} = 7950$ (V/J) $PL = 26\%$ $\tau = 4\%$

Année de mise en service : 2024 Durée de vie : 20 ans

CBR = 04 (retenue DTP de Banta rapport géotechnique).

V.6.1- Méthode CBR :

- $TMJA_{2024} = (1 + 0.04)^4 \times 7950 = 9300$ (V/J)
- $PL_{2024} = 9300 \times 0.26 = 2418$ (PL/J/sens)
- $PL_{2044} = 2418 \times 0.9 \times 0.5 \times (1 + 0.04)^{20} = 2384$ (PL/J/sens)

Calcul de l'épaisseur équivalente :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P} * \left(75 + 50 \log \left(\frac{N}{10}\right)\right)}{I_{CBR} + 5}$$

- ✓ I_{CBR} : Indice CBR= 04
- ✓ P : charge par roue ; $P = 6.5$ t P : charge par essieu ; $P = 13$ t
- ✓ N : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide= 2384 (PL/J/sens)

Donc : $E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} * \left(75 + 50 \log \left(\frac{2384}{10}\right)\right)}{4 + 5} = 66$ cm

Cette épaisseur peut être convertie en plusieurs couches selon la disponibilité des matériaux et leurs caractéristiques en tenant compte des coefficients d'équivalence :

$$E_{eq} = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche:

- Couche de roulement (BB) $a_1 = 2$ $7 \times 2 = 14$
- Couche de base (GB) $a_2 = 1.5$ $15 \times 1.5 = 22,5$
- Couche de fondation (GNT) $a_3 = 1$ $30 \times 1 = 30$

C'est-à-dire: Épaisseur réelles est de : 7 (BB) + 15 (GB) + 30 (GNT) = 52 cm

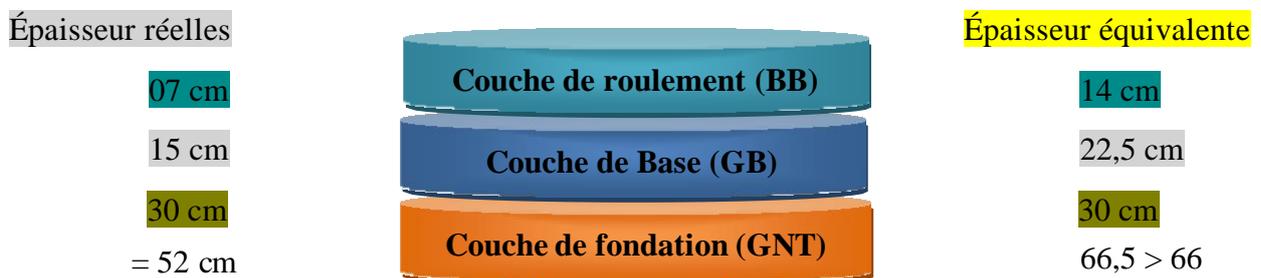


Figure V. 8: L'épaisseur choisie méthode CBR

CBR = 04

Nous concluons que la structure est la suivante

7 (BB) + 15(GB) + 30 (GNT)

Epaisseur réelle = 52 cm

Donc

L'épaisseur équivalente = 67 cm

V.6.2- Méthode de catalogue :

A. Détermination de type de réseau principal :

TMJA₂₀₂₀ = 7950 (V/J)

Le trafic de la mise en service TMJA₂₀₂₄ = 9300 (V/J)

TMJA₂₀₂₄ = 9300 v/j >1500

Donc le réseau principal est RP1

La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

B. Détermination de la classe de trafic :

$$TPL_i = 9300 \times 0.26 \times 0.5 \times 0.9 = 1088 \text{ pl/j/sens}$$

DONC la classe de trafic est TPL5.

Tableau V. 6 : La classe de trafic

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

➤ **Détermination de la portance de sol-support de chaussée (Si):**

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

Tableau V. 7 : La classe portance de sol

Classes de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	≤25	25-50	50-125	125-200	>200

On a : CBR = 04.

$$E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR} = 4 \times 5 = 20 \text{MPa}$$

Donc l'ordre de portance de sol est de S4 ; CBR = 04 **Donc il s'agit d'un sol de classe S4**

➤ Les structures recommandées par le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement :

- ✓ Réseau principal niveau RP1
- ✓ Zone climatique I
- ✓ Duré de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4%
- ✓ TPL 5
- ✓ S4

V.6.3-LES DONNEES CLIMATIQUES :

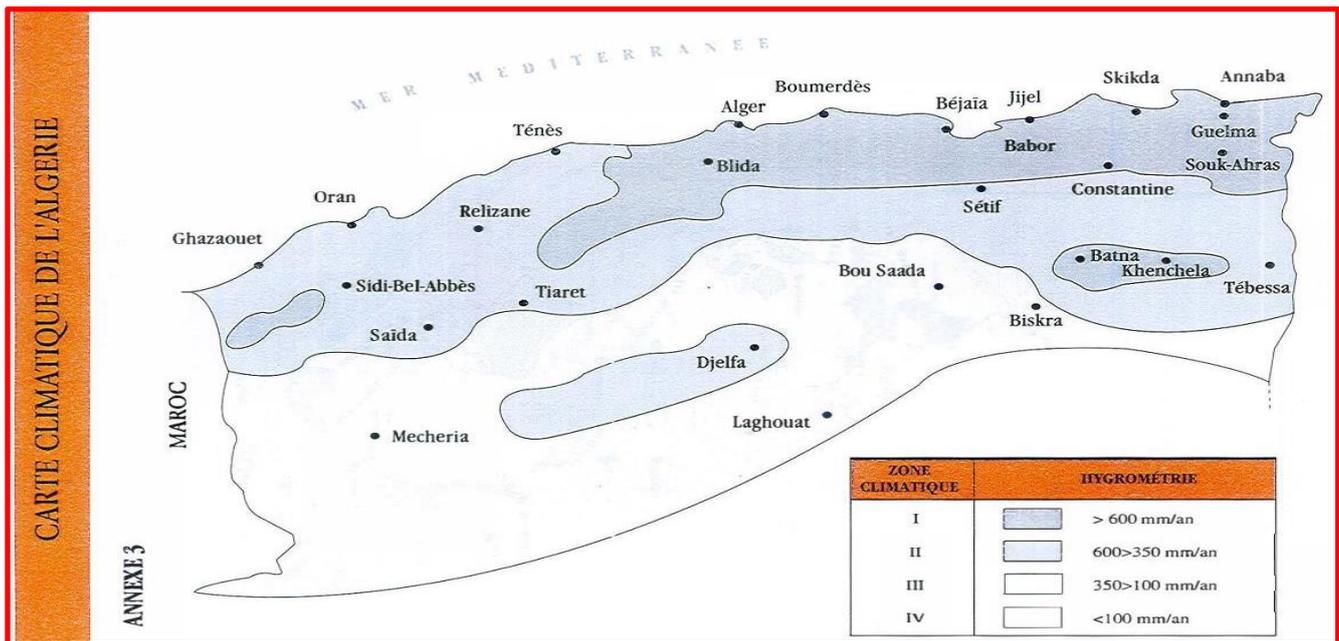


Figure V. 9 : Les zones climatiques en Alger

Le dimensionnement de corps de chaussée s’effectue avec une température consistante, c’est-à- dire température équivalente (Θ_{eq}), en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D’après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CCTP 2001) », le site de projet est classé en **ZONE I.** (Figure V. 10)

V.7- CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANTES DE LACHAUSSEE

Tableau V. 8 : La classe de portance du sol

Classe portance du sol terrassé (Si)	Épaisseur de couche de forme (C.F)	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	50cm (en 2couches)	S3
S4	35cm	S3
S4	60cm (en 3couches)	S2
S3	40cm (en 2couches)	S2
S3	70cm (en 3couches)	S1
S2	40cm (en 2couches)	S1

Pour passer du support S4 au support S2, il faut prévoir **60 cm de TVO** afin d’obtenir les dimensions souhaites couche de forme La structure c’est **(6BB + 20GB + 30GNT)**

Tableau V. 9 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

Fiche de structure de chaussée. Zone climatique I et II. $\tau = 4\%$. RPI

		S2			S1			S0		
TPL7 3000 - 6000	Roul.	8BB			8BB	10BB		8BB	10BB	
	Base	14GB			12GB	21GL	23BCg	11GB	20GL	23BCg
	Fond.	15GB			13GB	21GL	16GC	11GB	19GL	15GC
TPL6 1500 - 3000	Roul.	8BB			8BB	8BB		8BB	8BB	
	Base	12GB		23BCg	11GB	21GL	21BCg	10GB	20GL	20BCg
	Fond.	13GB		18GC	11GB	21GL	16GC	10GB	19GL	15GC
TPL5 600- 1500	Roul.	6BB			6BB					
	Base	11GB			10GB					
	Fond.	12GB			10GB					
TPL5 600- 1500	Roul.	6BB	8BB		6BB	8BB		6BB	8BB	
	Base	20GB	23GL	21BCg	14GB	19GL	20BCg	12GB	18GL	18BCg
	Fond.	30GNT	22GL	18GC	30GNT	19GL	16GC	30GNT	18GL	15GC
TPL4 300- 600	Roul.	6BB								
	Base	10GB								
	Fond.	10GB								
TPL4 300- 600	Roul.	6BB	6BB		6BB	6BB		6BB	6BB	
	Base	15GB	22GL	20BCg	10GB	19GL	17BCg	10GB	17GL	16BCg
	Fond.	35GNT	21GL	18GC	35GNT	18GL	16GC	20GNT	17GL	15GC
TPL3 150- 300	Roul.	6BB	6BB		6BB	6BB		6BB	6BB	
	Base	15GB	20GL		10GB	17GL		10GB	16GL	
	Fond.	30GNT	20GL		25GNT	17GL		15GNT	16GL	

TPLi : classe de trafic PL/jour/sens. Epaisseurs de mise en œuvre GB (min=10, max=15), GNT (min=15, max=25), GL (min=15, max=25), GC(min=15, max=25), BCg (min=15, max=35),
durée de vie (GB/GNT, GB/GB, GL/GL : 20 ans), durée de vie (BCg/GC : 25 ans)

D’après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, et la zone climatique I,
 Nous nous constater que :

S4 Surclassée en S2 moyennant l’ajoute d’une CDF de 60 cm d’épaisseur

Donc la structure sera 6(BB) +20(GB)+30(GNT)+60(TVO)

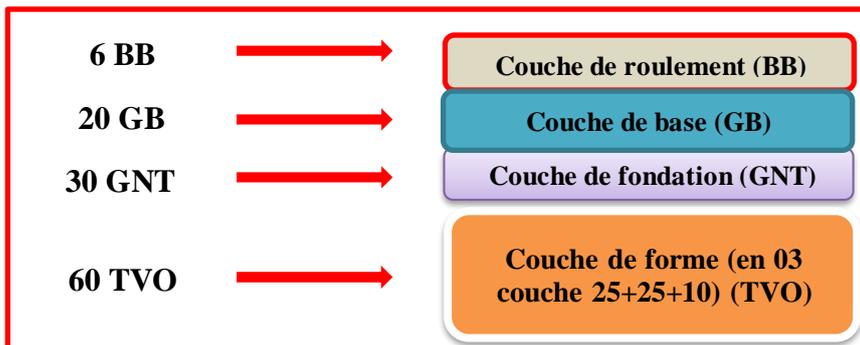


Figure V. 10: L’épaisseur choisie par catalogue

L’ensemble des résultats de calcul du corps de chaussée obtenus des deux méthodes suscitées

sont récapitulés dans le tableau IV.10 ci-dessous.

Tableau V. 10 : Récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée

couches	Catalogue neuve	CBR	CBR	S(i)	TPL (PL/J/Sens)
CR +CB+CF	6 BB+20 GB+30 GNT +60 TVO	7 (BB) + 15 (GB) + 30 (GNT)	04	S4→S2	TPL5=1088

On remarque bien que l'épaisseur du corps de chaussée donnée par la méthode CBR est nettement inférieure à celle donnée par la méthode du catalogue (Tableau IV.10). Donc, pour des raisons de sécurité, on adopte pour notre projet la structure du corps de chaussée ayant la plus grande épaisseur, à savoir, celle de la méthode du catalogue : (6 BB + 20 GB + 30 GNT + 60 TVO).

V.7.1-VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles

Calculée c'est-à-dire respectivement a $\epsilon_t.adm$ et $\epsilon_z.adm$. $\epsilon_z < \epsilon_z.adm$ et $\epsilon_t < \epsilon_t.adm$

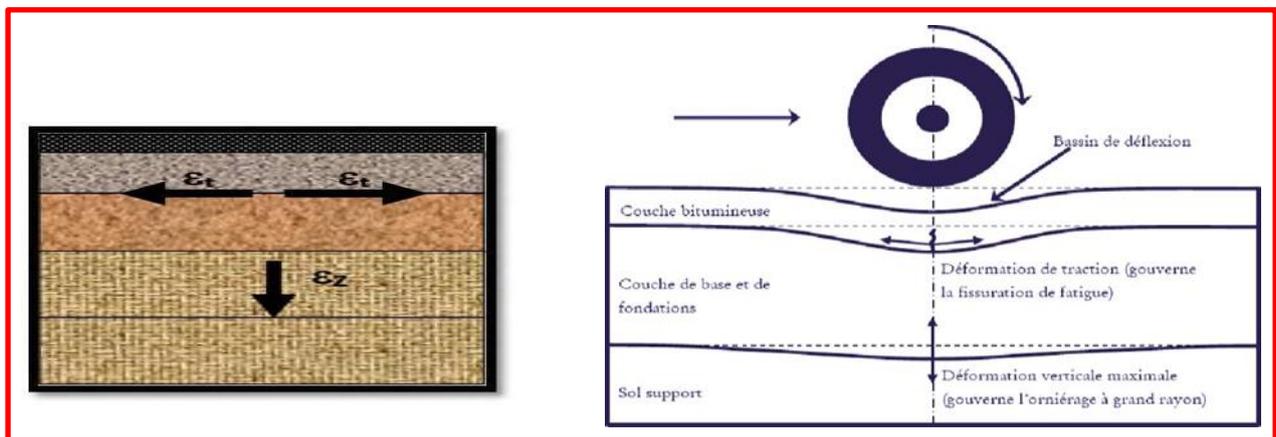


Figure V. 11: Les charge applique de sol et le déformation de sol support

➤ **Les données :** Températures équivalents Θ_{eq}

Tableau V. 11 : Températures équivalents Θ_{eq}

Températures équivalents Θ_{eq}	Zone Climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

zone climatique I **par conséquent** les Températures équivalents $\Theta_{eq} = 20^\circ$

$\Theta_{eq} = 20^\circ\text{c}$ **Donc d'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) $E(20^\circ, 10\text{ Hz}) = 7000\text{ Mpa}$**

Tableau V. 12: Risque adoptés pour réseau RP1

	Classe de trafic TPLi (PL/J/Sens)	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque(%)	GB/GC GB/GNT	25	25	20	20	15	10	5	2

Classe de trafic **TPL5** ⇒

Risque R % = 10

fractile de loi normale, qui est fonction de risque adopté **t** : valeurs de **t**

Tableau V. 13: valeurs de **t** en fonction de **r**

Risque r %	25	20	15	12	10	5	2
fractile t	-0.674	-0.842	-1.036	-1.175	-1.282	-1.645	-2.054

Risque : **r% = 10** ⇒ **t = -1.282**

C : coefficient égal à

C = 0,02

Tableau V. 14: Valeurs du coefficient d'agressivité

Niveau de réseaux principale « RPi »	Type des matériaux et structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.60
	Chaussées à matériaux traité au liant hydraulique : GL/GL, BCg/GC	1

Tableau V. 15: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériaux	E(20°,10HZ) (MPa)	E(10°,10HZ) (MPa)	ϵ_6 (10°c,25hZ) 10 ⁻⁶	-1/b	SN	SH (cm)	v	Kc calage
BB	4000	--	--	--	--	--	0.35	--
GB	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après le Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivant :

- Θ_{eq} = température équivalent ($\Theta_{eq} = 20c^\circ$) ⇒ **E (20° ,10HZ)=7000 MPa.**
- Classe de trafic (**TPL5**).
- Risque adoptés pour réseau RP1 (**r%=10**).
- C : coefficient égal **0.02**
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t**).
- A : coefficient en fonction du Niveau de réseaux principale « RP1 » (**A = 0.6**)

V.7.2- CALCUL DU TRAFIC CUMULE DE POIDS LOURD (TCI) :

$$TCI = TPL_5 \times 365 \times \frac{(1+t)^n - 1}{t} = 1088 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = 11825470.56 \text{ PL/J/Sens}$$

$$TCI = 11.83 \times 10^6 \text{ PL/J/Sens}$$

V.7.3- CALCUL DU TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (TCEI) :

$$TCEI = TCI \times A = 11.83 \times 10^6 \times 0.6 = 7.10 \times 10^6 \text{ PL/ J/ Sens}$$

$$TCE = 7.10 \times 10^6 \text{ PL/J/Sens Essieux équivalents de 13 tonnes}$$

V.7.4- CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE AU NIVEAU DU SOL SUPPORT:

$$\varepsilon_{z.adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE)^{-0.235} = 22 \times 10^{-3} \times (7.10 \times 10^6)^{-0.235} = 0.00053997$$

$$\varepsilon_{z.adm} = 539.97 \times 10^{-6}$$

V.7.5- CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX :

$$\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C} , 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

➤ $K_{ne} = (TCEI/10^6)^b$; avec $-1/b = 6.84 \Rightarrow b = -1/6.84 \Rightarrow b = -0.146$

$$K_{ne} = \frac{(11.83 \times 10^6)^{-0.146}}{10^6} = 0.751$$

➤ $K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336$

➤ $K_r = 10^{-t.b.\delta}$; avec $r = 10\%$ (TPL5) $\rightarrow t = -1.282$

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

$$K_r = 10^{-t.b.\delta} = 10^{-(-1.282) \cdot (-0.146) \cdot (0.609)} = 0.769$$

➤ K_c calage $K_c = 1.3$

$$\varepsilon_{t.adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.755 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3 = 100.30 \times 10^{-6}$$

V.7.6-RESULTATS DE CALCUL PAR ALIZE LCPC :

Tableau V. 16: Tableau de Modélisation

	Epaisseur (cm)	Module E (MPa)	Valeur de *K*	Coefficient de poisson
Couche de roulement BB	06	4000	/	0.35
Couche de base GB	20	7000	/	0.35
Couche fondation GNT	05	350	/	0.25
Couche fondation GNT	25	350	/	0.25
Couche forme TVO	10	350	2.5	0.25
Couche forme TVO	25	250	2.5	0.25

Couche forme TVO	25	125	2.5	0.25
Sol support (S4)	/	50	/	0.35

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'ALIZE LCPC sont inférieures aux valeurs admissibles $\epsilon_{t.ad}$ et $\epsilon_{z.ad}$ calculées

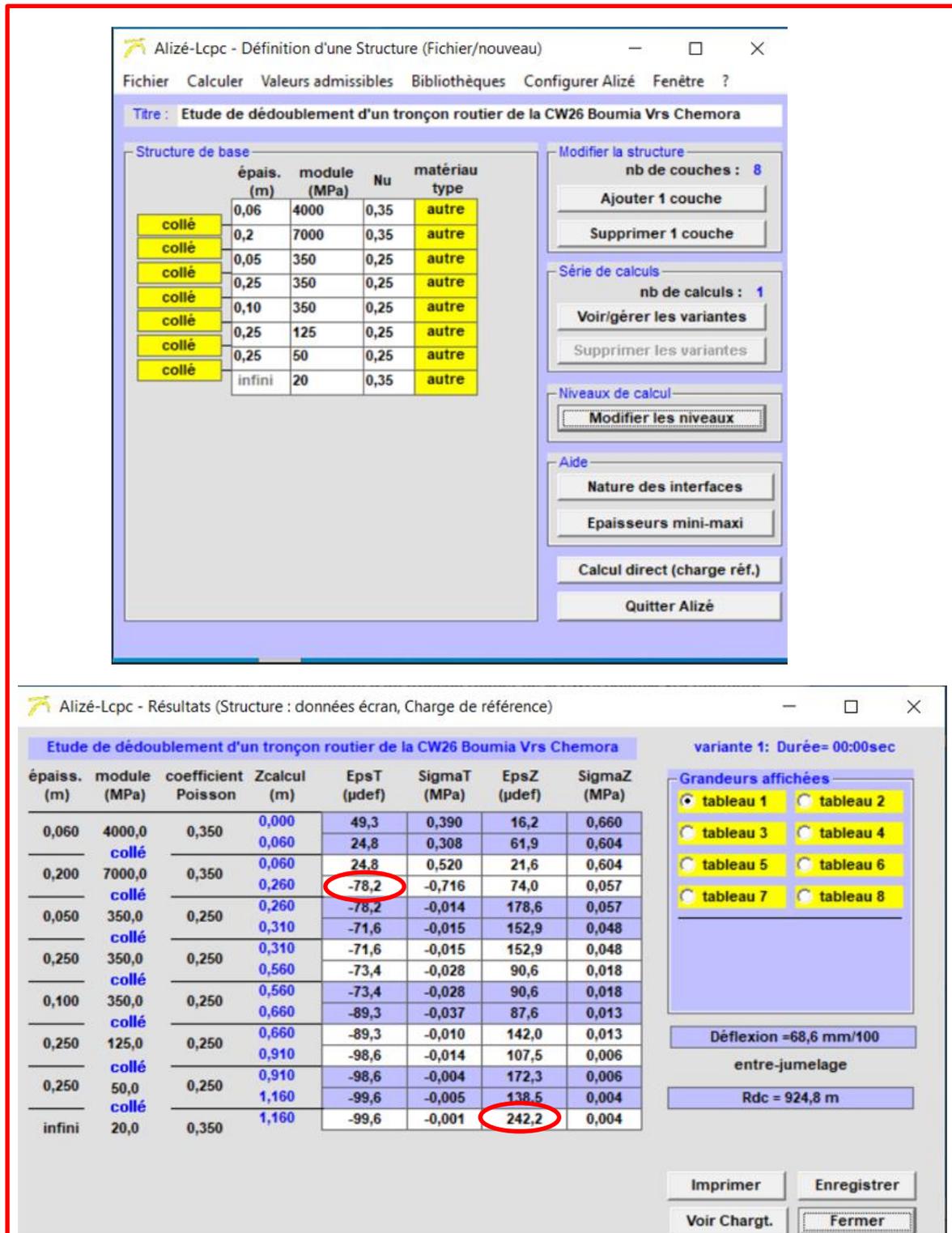


Figure V. 12: Les résultats calculés avec le logiciel ALIZE LCPC

$$\varepsilon_z = 242.20 \times 10^{-6} < \varepsilon_{z.adm} = 539.97 \times 10^{-6} \text{ (Condition vérifiée)}$$

$$\varepsilon_t = 78.20 \times 10^{-6} < \varepsilon_{t.adm} = 100.30 \times 10^{-6} \text{ (Condition vérifiée)}$$

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{zadm} \text{ et } \varepsilon_t < \varepsilon_{tadm}$$

V.7.7- INTERPRÉTATION :

Donc après les calculs et la vérification des déformations par **ALIZE LCPC** on prend la structure qui est donnée par la méthode de catalogue algérien.

Tableau V. 17: Les résultats de la méthode retenue

Dimensionnement	Structure de la chaussée du projet
CTTP	6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) +60 TVO

Structure de la chaussée qu'applique dans le projet

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

Tableau V. 18: Comparaison entre C.B.R et C.T.T.P

C.B.R	C.T.T.P
7 (BB) + 15 (GB) + 30 (GNT)	6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) +60 TVO

V.8- CONCLUSION :

Malgré que méthode CBR donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de catalogue Algérien

Chapitre VI : PROFIL EN TRAVERS

VI.1- DEFINITION :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.

Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs).

VI.2- DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers

VI.2.1- Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

VI.2.2- profil en travers courants :

Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

VI.3- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS :

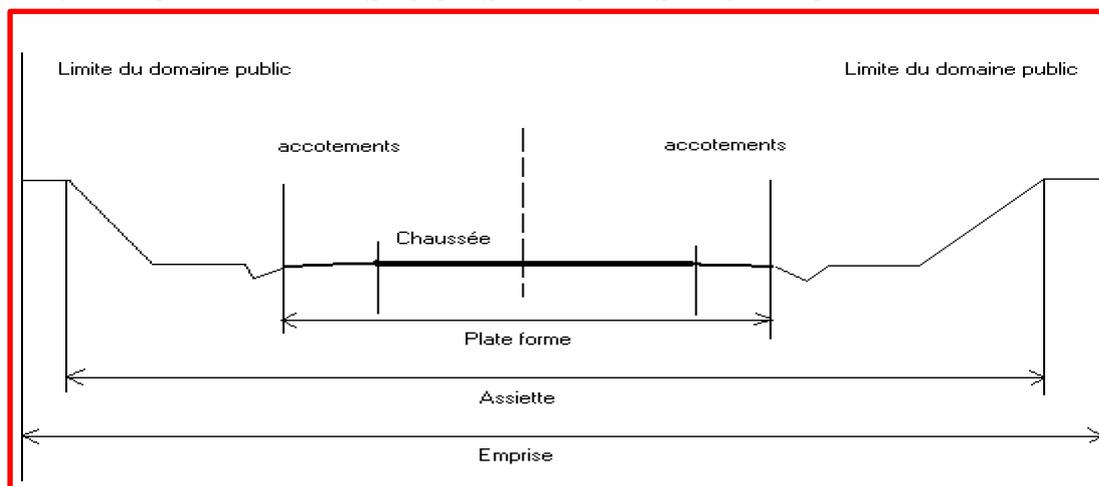


Figure VI. 1: Les éléments du profil en travers

- **Emprise :** Qui la surface du terrain affecté à la route ; elle varie suivant la catégorie de la route.
- **Assiette :** la surface occupée par la route réellement, ou la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **Plate-forme :** c'est la partie de la route effectuée à l'usage public, comprenant la chaussée, les accotements et éventuellement le terre-plein central.
- **Chaussée :** c'est la bande de la route réservée la circulation des véhicules.
- **Accotements :** En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :
 - ✓ Une bande d'arrêt d'urgence.
 - ✓ Une bande de guidage.

✓ Une berme extérieure.

- **Fosse :** Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)

VI.4- PENTES TRANSVERSALES :

VI.4.1- Les chaussées :

Le profil de la chaussée est constitué par deux versants de plans raccordés sur l'axe, sauf pour les chaussées unidirectionnelles qui comportent un seul versant plan dirigé vers l'extérieur.

Les valeurs de la pente transversale dénommée « dévers » peuvent être récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau VI. 1 :Les valeurs des dévers

Pentes transversales	chaussée	Bande dérasée	berme
En alignement et non déversé	2.5%	4 (stabilisée) 2,5% à 4% (revêtue)	8%
En courbe avec dévers < à 4 %	P < 4%	4% (stabilisée) 2,5% à 4% (revêtue)	8%
En courbe avec dévers > 4% (coté intérieur)	P > 4%	P	8%
En courbe avec dévers > 4% (coté intérieur)	P > 4%	2.5% (stabilisée) 1.5 % (revêtue) vers l'extérieur	8%

Tableau VI. 2: Dévers route R80 ou T80

Valeur du rayon	Sens du dévers	Valeur du dévers
240m	Vers l'intérieur du virage	7%
Compris entre 240 et 650	Vers l'intérieur du virage	$-0.13 + 1712.2/R$
650m	Vers l'intérieur du virage	2.5%
Compris 650 et 900	Vers l'intérieur du virage	2.5%
900m ou plus	En toit	2.5%

VI.5- Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour le CW26 sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- **Deux chaussées de deux voies de 8 m chacune : $2 \times (4 \times 2) = 16.00\text{m}$** Avec surlargeur de 0,50 m côté TPC et de 0,25 m côté **accotement**
- **Un terre-plein central de (TPC) = 3.00 m.**
- **Un accotement de 2.0 m à chaque côté droit de la chaussée.**
- **Fossé forme trapézoïdale : 0,50m x 0,50m x 0,50m**
- **Talus remblai : 2/3 Talus déblai : 2/3**

Pour les courbes de rayons inférieurs à 125m des surlargeurs sont introduites vers l'intérieur de la courbe, afin de permettre l'insertion des véhicules longs.

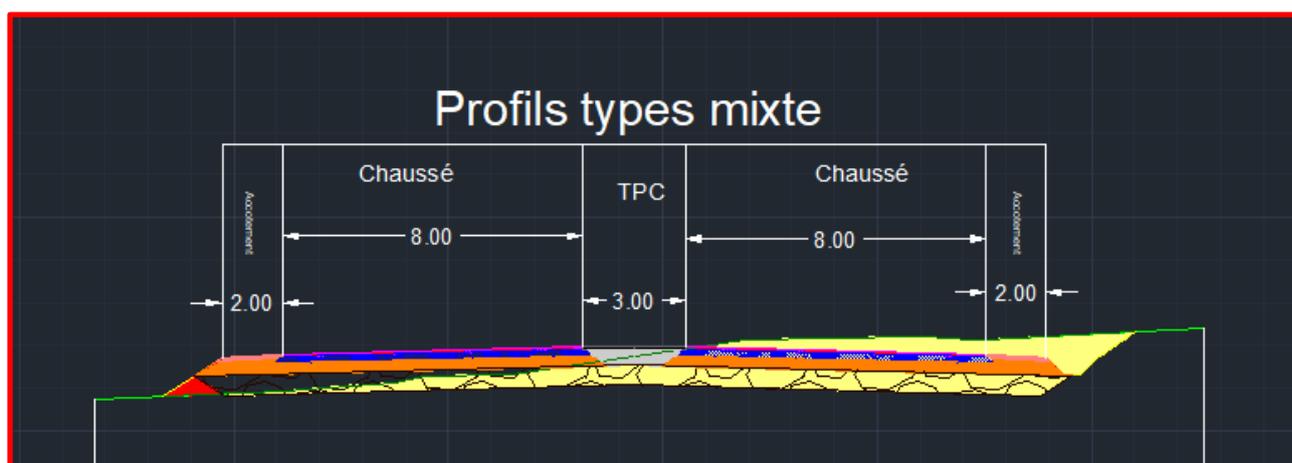


Figure VI. 2: Profil en travers type mixte

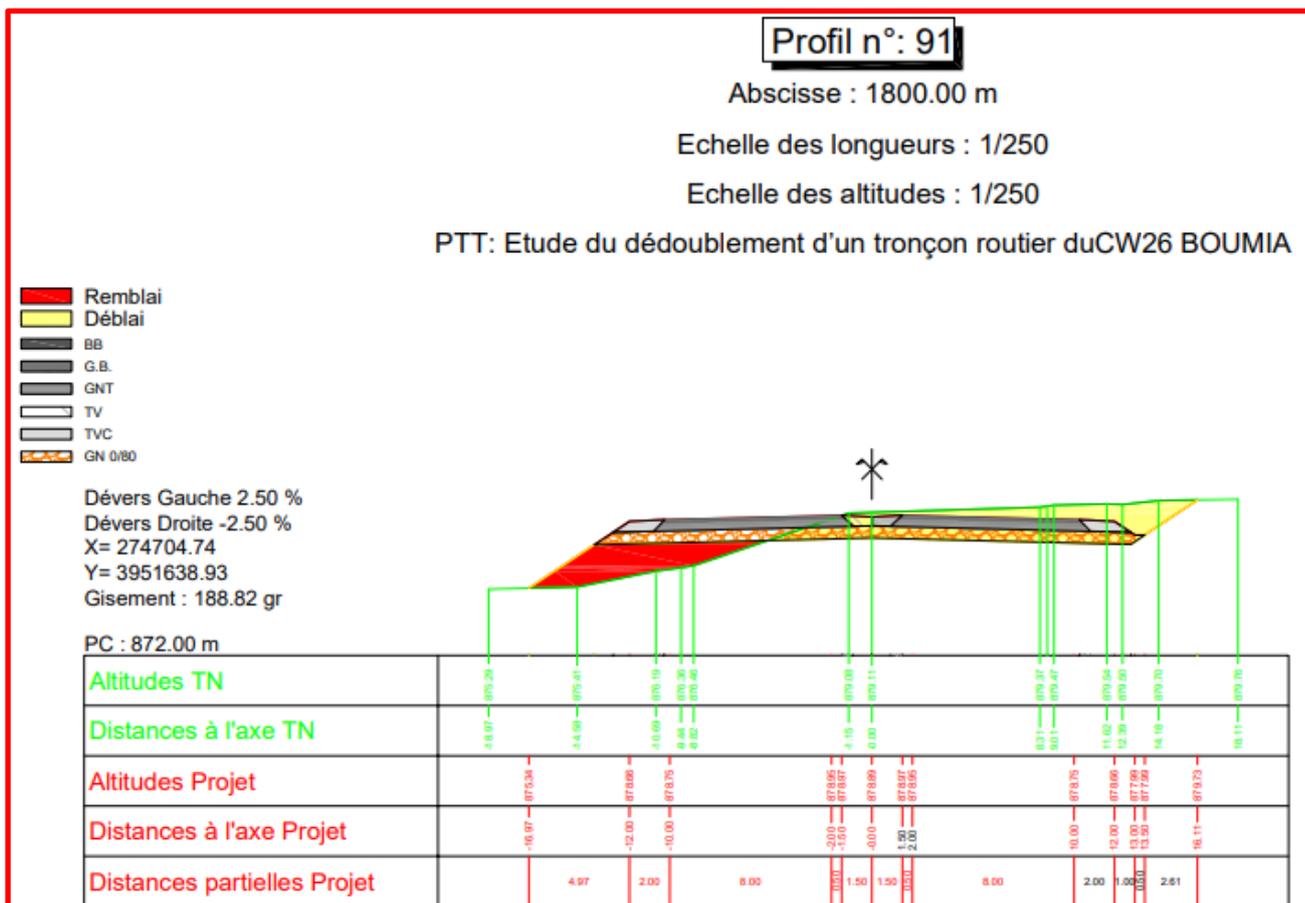


Figure VI. 3: Profil en travers courant

Chapitre VII : Choix et conception du carrefour

VII.1- Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

VII.2- Données essentielles pour l'aménagement d'un carrefour :

Les choix d'un aménagement de carrefour doivent s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- Les valeurs de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le futur.
- Les types et les causes des accidents constatés dans les cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approches à vide pratique.
- Des caractéristiques sections adjacents et des carrefours voisins.
- Respect de l'homogénéité de tracé.
- De la surface neutralisée par l'aménagement.

VII.3- Choix de l'aménagement :

Le choix du type d'aménagement se fait en fonction de multiples critères :

- L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- Objectifs de fonctionnement privilégié pour un type d'utilisateur.
- Objectifs de la capacité choisis.
- Objectifs de sécurité.

VII.4- Les types de carrefours :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

VII.4.1- 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.

VII.4.2- 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°).

VII.4.3- Carrefour à quatre branches (en croix) :

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

VII.4.4- 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.

VII.5- 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.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

VII.5.1- 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.

VII.5.2- 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.

Données de base :

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

VII.5.3- Les îlots :

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

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur et la limite de la chaussée : 1m.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.
- Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.

VII.5.4- Ilot directionnel:

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de 0.5 à 1m.

Les couloirs d'entrée et de sortie:

Largeur de couloirs :

- Entrée 4.5 m (accotement dérasé 1.5m).
- Sortie 5.5 m (accotement dérasé 0.5m).

VII.6- Application au projet :

VII.6.1- Carrefour giratoire au PK 39+700 :

Pour assurer l'écoulement du trafic au niveau des jonctions, nous avons prévu d'aménager un carrefour en type giratoire et offrent la priorité au contournement. En effet, ces aménagements seront mis en place dans le but d'améliorer les conditions de circulation au niveau de cette intersection des routes avant même qu'elles ne deviennent des points noirs.

L'étude d'aménagements du carrefour situés à l'intersection avec cw26 correspondant a PK 37+700, consiste à aménager le contournement de la ville de BOULHILAT par un carrefour giratoire de trois branches :

- ✓ CW 26 (vers la ville de BOULHILAT).
- ✓ RN87 (vers la ville de CHEMORA).
- ✓ CW 26 (vers la ville de BOUMIA).

Tableau VII. 1: Géométrie de giratoire 01

Géométrie de giratoire 01		
Coordonnées du centre	X	286441.6414 m
	Y	3953630.8845m
Rayon extérieur	25.000 m	
Rayon intérieur	17.000 m	
Largeur d'anneau	8.000 m	
Surlageur franchissable	0.000 m	
Distance marquage extérieur	0.250 m	
Distance marquage intérieur	0.500 m	



Figure VII. 1: Position satellitaire de giratoire

Plan Carrefour Giratoire

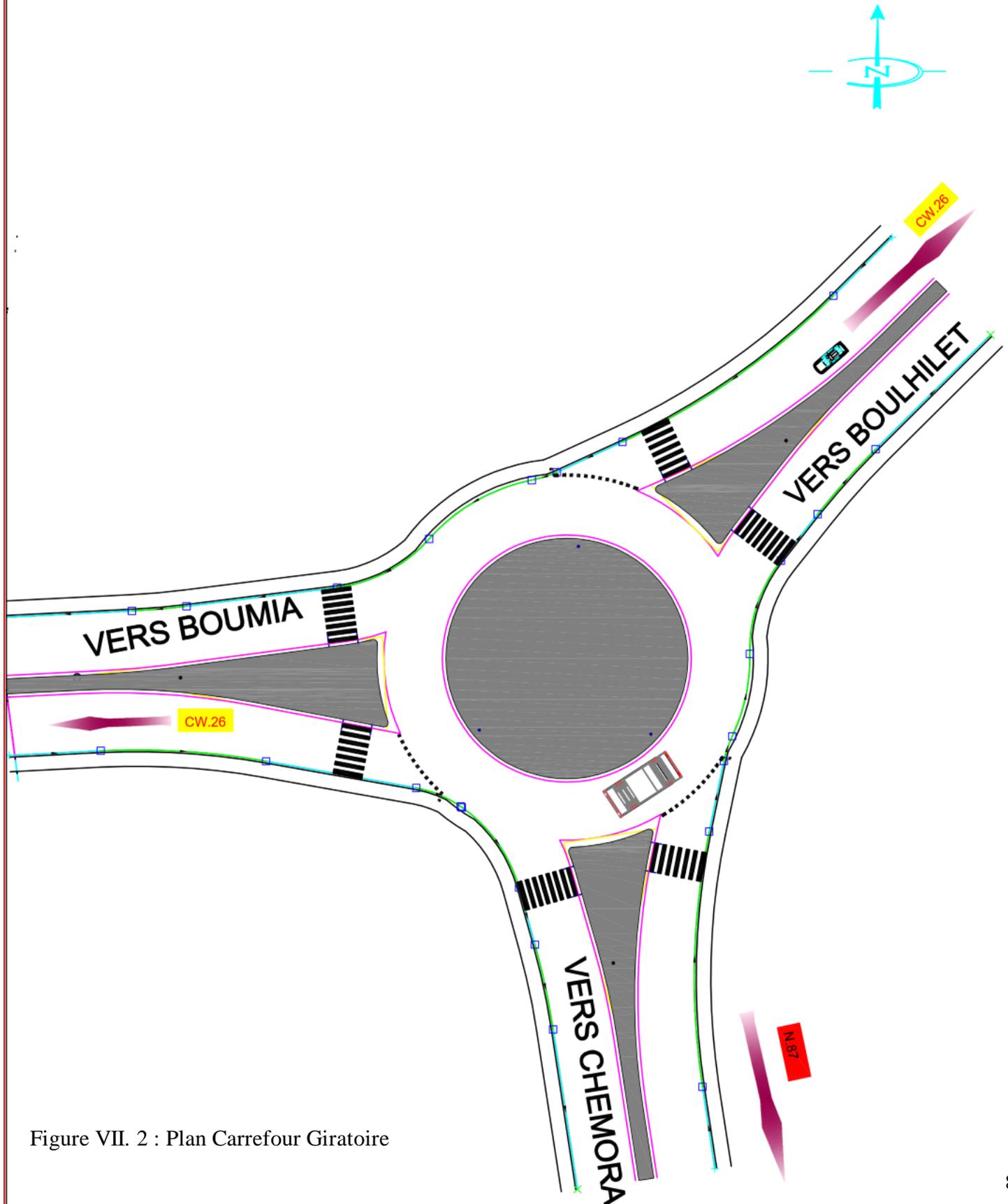


Figure VII. 2 : Plan Carrefour Giratoire

CHAPITRE VIII :

CUBATURE

VIII.1- Généralités :

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.

Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouve entre le tracé du projet et celui du naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

VIII.2- Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VIII.3- Méthode de calcul des cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate-forme de voie (une fois tous les 25 m et à chaque point de changement de déclivité) de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe).

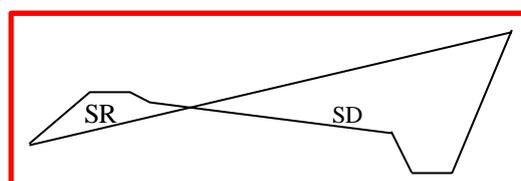


Figure VIII. 1: courbe du surface - déblai- remblai.

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

VIII.3.1- Formule de SARRUS :

Elle consiste à On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde

Le volume V compris entre S₁ et S₂ est égale à :

$$V = h/6(S_1+S_2+4S)$$

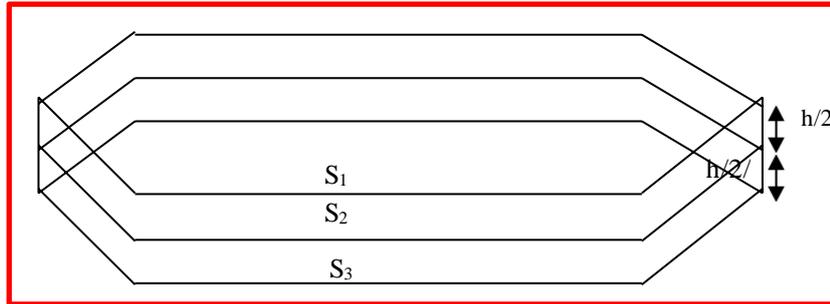


Figure VIII. 2 : Courbe des trois niveaux

- ✓ S₁ et S₂ : les surfaces des section parallèles.
- ✓ h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.S : la section équidistante des deux bases.
- ✓ Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

Exemple :

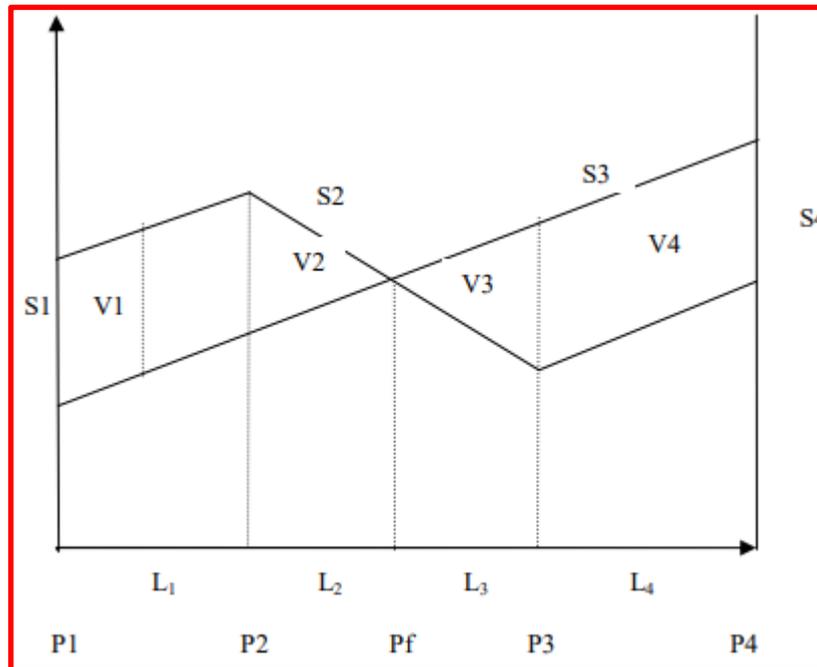


Figure VIII. 3: Exemple de la formule de SARRUS

Pf : profil fictif, c'est le profil ou le volume des terrassements est nul S1 et S2 : surface des deux profils en travers P1 et P2

- ✓ L₁ : distance entre ces deux profils
- ✓ S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P1 et P2)

Si on applique la formule de SARRUS, le volume entre P1 et P2 de surface S1 et S2 sera :

$$V_1 = L_1 / 6(S_1 + S_2 + 4S)$$

On serait conduit à calculer chaque fois un profil en travers intermédiaire équidistant des profils en travers initiaux.

Pour éviter ce calcul fastidieux, on simplifié la formule en :

$$S \approx \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

Ce qui donne :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} \times \left(S_1 + S_2 + 4 \frac{(S_1 + S_2)}{2} \right) \Rightarrow V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Le volume total du terrassement pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V_t = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles.

Ou : $\frac{L_1}{2}, \frac{L_1 + L_2}{2}$..etc...sont appelées : longueur d'application

VIII.3.2- 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.

VIII.3.3- 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 desens.

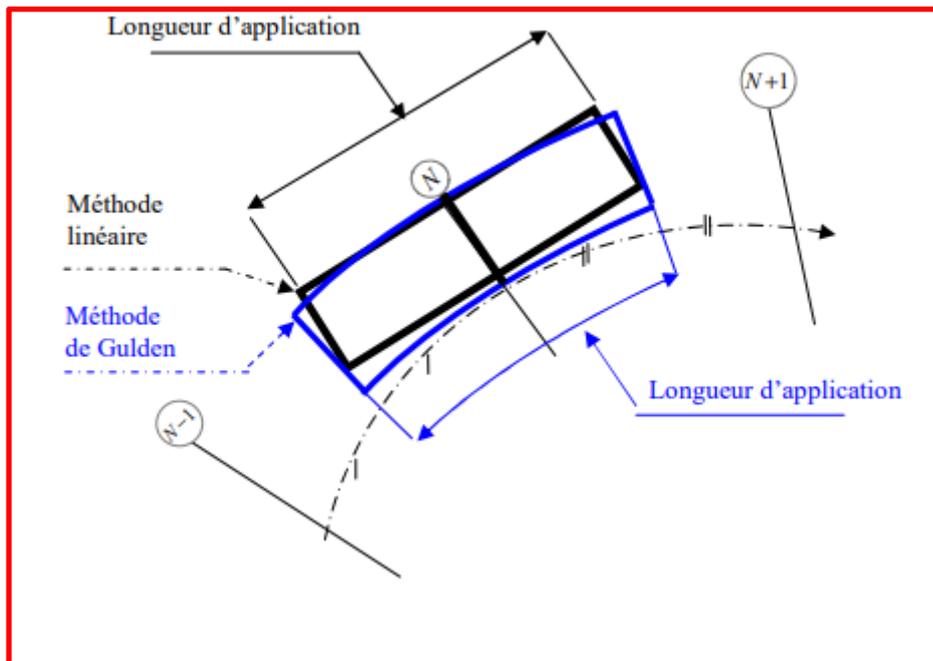


Figure VIII. 4: Comparaison entre les deux méthodes -linéaire-gulden.

VIII.4- Calcul Des Cubatures De Terrassement

- La méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN
- Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel «Autopiste» Voir « annexe »

CHAPITRE IX : ETUDES GEOTECHNIQUES

IX.1- INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

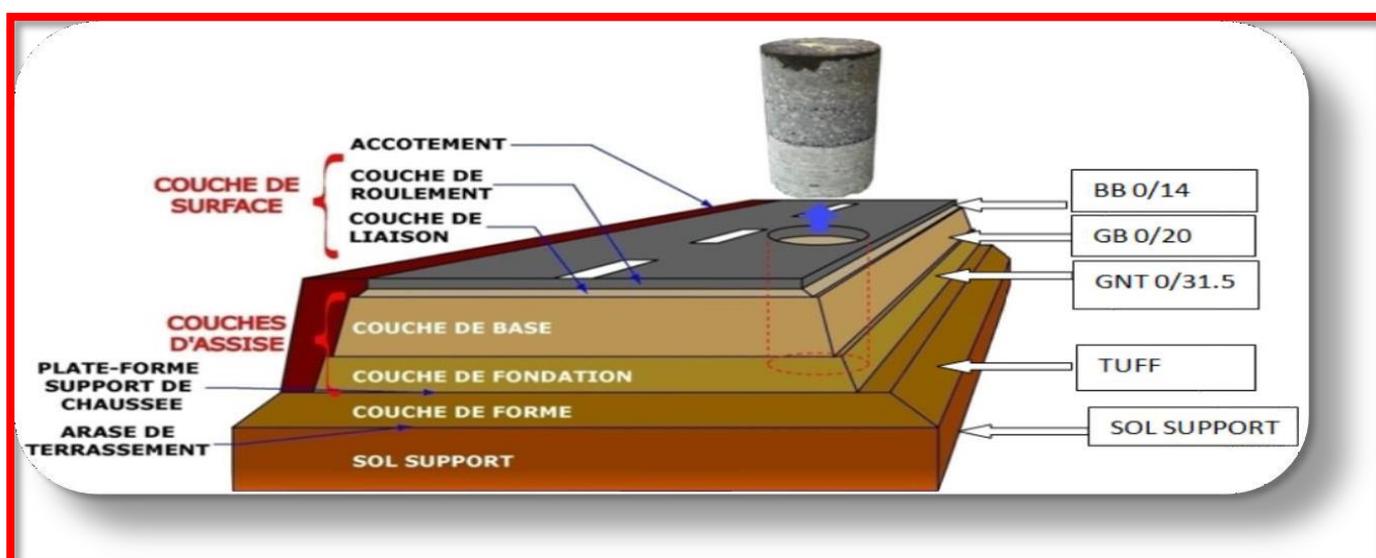


Figure IX. 1: Différentes couche de corps de chaussée

IX.2- BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support qui sert d'assise pour la structure de la chaussée.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensables, car elle permet :

- **En phase d'étude** : de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée et choix des matériaux).
- **En phase d'exécution** : elle permet de réaliser les travaux avec un minimum de risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.
- Cette étude doit aussi permettre de localiser les différentes couches, donner les renseignements de chaque couche, les caractéristiques mécaniques et physiques de sol support.

➤ La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment les remblais, les fondations de chaussée, la construction des diverses couches de la chaussée.

IX.3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais « in –situ ».
- Les essais de laboratoire

IX.4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

- **Des essais d'identification**
- **Des essais mécaniques**

A) Les essais d'identification :

- Teneur en eau (NF P 94- 050).
- Masse volumique (NF P 94-053\ NF P 94-054).
- Analyse granulométrique par tamisage (NF P 94-056).
- Analyse granulométrique par sédimentation (NF P 94-057).
- Limites d'Atterberg (NF P 94-051).
- Equivalent de sable (NF P 18-598).
- Essai au bleu de méthylène (NF P 94-068).

B) Les essais MECANIKES :

- Essai Proctor
- Essai CBR
- Essai LOS ANGELOS

VIV.4.1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

A) Teneur en eau :

La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$\omega \% = \frac{\text{Masse de l'eau contenue}}{\text{Masse de matériau sec}} * 100$$

B) Masse volumique : (γ) est la masse d'un volume unité de sol : $\gamma = W/V$.

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

✓ **Principe de l'essai :** on utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

✓ **But de l'essai :** le but de cet essai est de déterminer expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

✓ **Domaine d'utilisation :** cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

C) Analyse granulométrique par tamisage :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

✓ **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

✓ **But de l'essai :**

C'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

✓ **Domaine d'utilisation :** la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée

D) Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et à caractériser son état au moyen de son indice de consistance (I_c). Ces deux limites :

➤ **Limite de liquidité (W_L) :** est une valeur de teneur en eau qui indique le passage du sol à l'état liquide, elle est obtenue théoriquement par une fermeture correspondant à $N=25$ chocs.

$$W_L = W_N(N/25)^{0,121}$$

➤ **Limite de plasticité (W_P) :** teneur en eau d'un sol remanié caractérisant la transition entre un état plastique et un état solide - le sol est durcit et se fissure.

➤ **L'indice de plasticité (I_p) :** $I_p = W_L - W_P$

✓ **But de l'essai :**

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

✓ **Domaine d'application :**

L'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme).

E) Essai au bleu de méthylène :

La détermination de la valeur au bleu de méthylène d'un sol (V.B.S) a pour but de mesurer la quantité et l'activité argileuse d'un sol par dosage de la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur la prise d'essai. Cette valeur est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol.

✓ **Objectifs Spécifiques :**

Déterminer la quantité de colorant (**bleu de méthylène**) fixée par 30 g de la fraction granulaire analysée et calculer la valeur de bleu D'un sable « **V.B.S** ».

✓ **Mode opératoire :**

A la prise d'essai agitée dans de l'eau, on injecte successivement des doses de **5 ml** d'une solution de bleu de méthylène. Après chaque injection, une goutte est prélevée et déposée sur un papier filtre.

Le test devient positif lorsque l'auréolé, d'abord incolore, demeure bleu clair pendant 5 minutes.

La valeur de bleu est la quantité de solution injectée rapportée par proportionnalité directe à la fraction **0/50 mm** du sol.

F) Valeur de blue méthylen :

Vbs= (masse de bleu/masse de l'échantillon sec)*100

IX.4.2- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :**A) Essai Proctor :**✓ **But de l'essai :**

L'essai Proctor a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « **teneur en eau optimum Proctor** ».

✓ **Domaine d'utilisation :** cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

A) Essai CBR :✓ **Principe de l'essai :**

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois énergies de compactage. 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.²

✓ **But de l'essai :**

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

✓ **Domaine d'utilisation :**

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

IX.5- Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

✓ Pierre de dimension > 80mm.

- ✓ Matériaux plastique $I_p > 20\%$ ou organique.
- ✓ Matériaux gélifs.
- ✓ On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

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

IX.6-APPLICATION A NOTRE PROJET :

❖ ESSAIS EN LABORATOIRE : Programme des essais

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été effectués :

IX.6.1- Essais physiques

- Teneur en eau naturelle (NF P 94-050)
- Analyse granulométrique (NF P 94-056)
- Densité apparente (NF P 94-053)
- Limite d'Atterberg (NF P 94-051)
- Bleu de méthylène (NF EN 933-9)

IX.6.2- Essais mécaniques

- Essai Proctor modifié (NF P 94-093)
- Essai CBR imbibe (NF P 94-078)

❖ RECONNAISSANCE DU SOL :

✓ Reconnaissance In-Situ :

Le programme de reconnaissance comporte sept (04) puits.

➤ Puit K11(285888.00 m E, 3953562.00 m N)

- 0.00– 0.30 m : Terre végétale - 0.30 –1.40 m : Argile.

➤ Puit K12 (281896.00 m E, 3952999.00 m N)

- 0.00– 0.30 m : Terre végétale - 0.30 –1.40 m : Argile limoneux.

➤ Puit K13 (278956.00 m E, 3952233.00 m N)

- 0.00 – 0.30 m : Terre végétale - 0.30– 1.40 m : Limon graveleux.

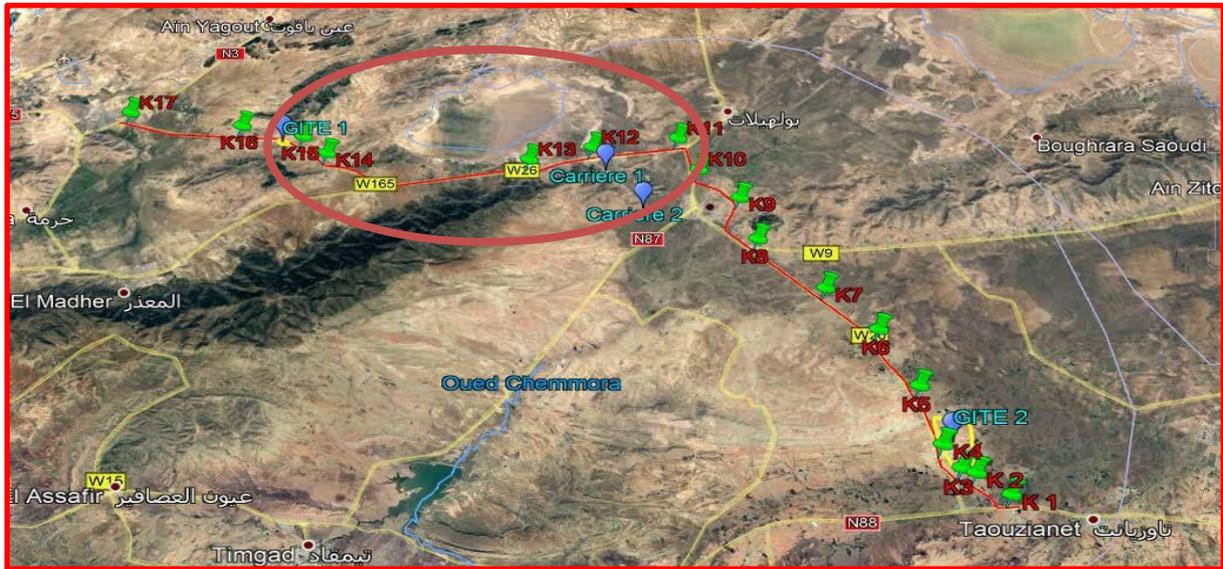


Figure IX. 2 :L’implantation des puits de reconnaissance sur image satellitaire

Ki : puits de reconnaissance

❖ **Résultat du essais au laboratoire :**

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IX. 1 : Les résultats des essais de laboratoire

Puits	Wn %	Granularité			Plasticité			Proctor modifiée		I _{CBR} %	Classification GTR
		D _{max} %	2mm %	80µ %	WI (%)	IP (%)	VBS (%)	δd _{max} %	W _{opm} %		
K1	13.63	<50 mm	99	76.13	56	31	/	1.77	15.1	< 5	A3
K2	12.82	<50 mm	90	13.69	50	26	/	1.80	15.2	< 5	B6
K3	9.34	>50 mm	31	14.50	/	/	0.39	1.79	14.1	12.58	C1B5
K4	15.18	<50 mm	98	89.29	45	19	/	1.76	17.0	< 5	A2
K5	14.40	<50 mm	98	95.25	38	13	/	/	/	< 5	A2
K6	18.07	<50 mm	100	97.91	66	34	/	1.60	17.12	< 5	A3
K7	6.83	<50 mm	99	76.24	42	22	/	/	/	< 5	A2
K8	16.84	<50 mm	99	96.91	60	30	/	1.74	16.7	< 5	A3
K9	Dalle Calcaire										R2
K10	15.18	<50 mm	100	96.04	60	30	/	1.70	16.1	< 5	A3
K11	16.86	<50 mm	100	99.61	70	37	/	/	/	< 5	A3
K12	16.46	<50 mm	100	91.72	48	23	/	1.80	16.1	< 5	A2
K13	11.83	>50 mm	32	14.33	42	17	/	1.90	12.7	7.87	C1B6
K14	16.09	<50 mm	99	83.81	48	22	/	/	/	< 10	A2
K15	15.18	<50 mm	89	64.29	/	/	1.28	1.61	20.6	14.95	A1
K16	7.57	>50 mm	57	36.18	/	/	0.70	1.99	11.1	8.37	C1A1
K17	17.82	<50 mm	99	94.05	47	17	/	/	/	< 5	A2
Gite 01	5.73	>50 mm	43	16.07	/	/	0.28	2.12	6.7	/	C1B5
Gite 02	2.17	>50 mm	30	15.86	/	/	0.99	1.83	13.9	/	C1B5

IX.7 CONCLUSION :

- Du point de vue portance, les valeurs CBR imbibé présentent des valeurs :
 - ✓ Inférieur (<) à 5, le sol est de la classe S4 dont la portance est très faible.
 - ✓ D'après les résultats de l'essai CBR<5, nous recommandons un sectionnement de la couche de forme en visons la classe de portance S2 (EV2=50Mpa) comme suit :

Du PK 26+00 au jusqu'à PK 39+710 sur CW 26 une CDF de 60 cm en matériau sélectionné

Chapitre X : **SIGNALISATION**

X.1- INTRODUCTION :

Dans le but de rendre plus sûre et plus facile la circulation, et d'assurer aux usagers les meilleures conditions de sécurité ; des dispositifs de retenue et de signalisation horizontale et verticale sont nécessaires.

X.2- DISPOSITIFS DE RETENUE :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie.

Les dispositifs de retenue implantés sont :

X.2.1- Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

➤ Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

➤ Les glissières de niveau 2 et 3 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60km/h).

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

➤ Sur le TPC : éventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

➤ Sur accotement :

- ✓ En présence d'obstacles durs ou autres configuration agressives.
- ✓ Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4mètre, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques.

Il est à noter cependant :

- ✓ Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- ✓ Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

X.2.2- Murettes de protection en béton armé :

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets.

Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) est envisagée lorsque le danger potentiel représenter par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- les sections ou la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure

X.3- OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour rôles :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

X.4- CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

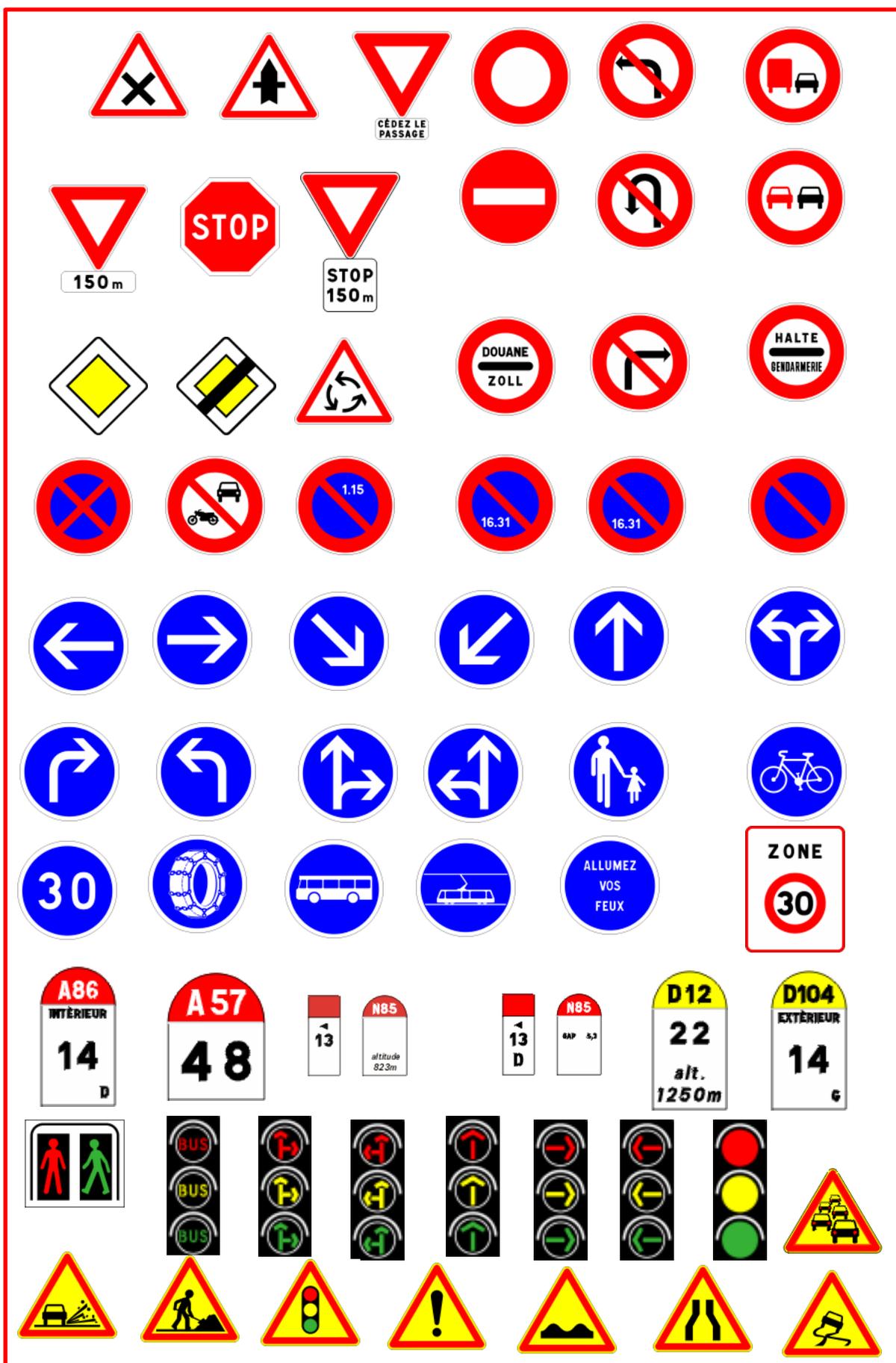


Figure X. 1: Les différents types de signalisation

X.5- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

X.6- TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

X.6.1- Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

X.6.2- Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, la signalisation horizontale se divise en trois types :

X.6.3- Marque longitudinale :

- Lignes continues.
- Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau X. 1 : Les modulations des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Largeur de trait (en cm)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapports pleins vides
Axial longitudinal rive	T ₁	3	10	1/3
	T' ₁	1,5	5	1/3
	T ₃	3	1,33	3
	T ₂	3	3,5	1
	T' ₃	20	6	3
Transversal	T' ₂	0,5	0,5	1

X.6.4-Markes transversales :

- ✓ Ligne STOP :
- ✓ Les flèches (rabattement, de sélection).

•Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur autoroutes est voies rapides urbaines. U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

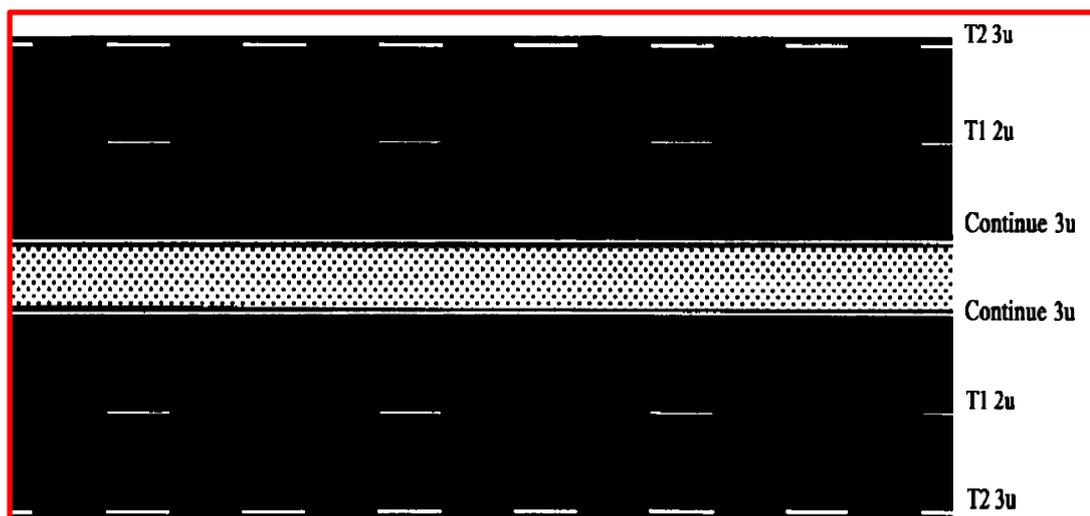


Figure X. 2: Largeur des lignes

X.7- APPLICATION AU PROJET :

X.7.1- La signalisation verticale :

➤ La signalisation d'interdiction ou de Restriction :

Entrée d'agglomération : Compte tenu des prescriptions qui lui sont attachées (respect de la limitation de vitesse à 60 km/h) et du type de conduite qu'il doit induire, le panneau d'entrée d'agglomération doit faire l'objet des soins les plus attentifs.

Aux entrées de l'agglomération du Douar Ouled El Bachir aux PR 4+850 et PR 5+850, le panneau de limitation de vitesse de type C11b (40 km/h pour les poids lourds et 60 km/h pour les véhicules légers). En extra muros, ou pour les zones à faible densité de bâti, la restriction est fixée à 80 km/h, des panneaux de rappel sont à prévoir tous les 01 km.

Le panneau d'entrée d'agglomération doit être visible et crédible. L'aménagement d'un trottoir à son niveau peut en améliorer la perception. Le stationnement en amont du panneau sera interdit. L'effet de porte peut être utilisé.

➤ La signalisation d'Avertissement de Danger :

L'objet de la signalisation d'avertissement de danger est d'appeler de façon toute particulière l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler, en raison :

- ✓ De la présence sur la chaussée de personnes, d'animaux ou de sections dangereuses
- ✓ Passage pour piétons (type A11)
- ✓ Débouchés de cyclistes (type A13)
- ✓ Passage d'animaux domestique (type A14a)
- ✓ Aérodrome (type A17)
- ✓ Approche d'intersections (type A22)

Enfin, pour le reste du tronçon, ces zones présentent un type d'urbanisation qui engendre des mouvements de tourne-à-gauche, de cisaillement ou de traversée de piétons. Le danger vient alors de la conjugaison de deux facteurs essentiels :

D'une part des vitesses élevées pratiquées par les usagers en transit, d'autre part de la dispersion des points de conflits qu'il est alors difficile de percevoir rapidement.

Les abords d'une agglomération doivent constituer un espace de transition suffisamment marqué pour inciter les usagers à une « conduite urbaine ».

➤ La signalisation horizontale (le marquage longitudinale) :

- ✓ **Ligne discontinue de type T1 :** c'est une ligne de guidage pouvant être franchie normalement, elle est utilisée pour délimiter les voies normales de circulation de même sens. Son épaisseur est de 15 cm. (3m de trait pour 10 m de vide) voir plan de signalisation des carrefours.
- ✓ **Ligne discontinue de type T2 :** elle comporte environ autant de traits que de vide (3m de trait pour 3,5 m de vide), son franchissement est possible avec précaution car il implique un

changement d'allure et de direction, elle est utilisée en rase campagne pour délimiter les rives droite de la chaussée (limite accotement). Son épaisseur est de 18 cm.

- ✓ **Ligne continue** : qui est infranchissable. Elle est utilisée en rase campagne pour délimiter les rives gauches de la chaussée (limite TPC). Son épaisseur est de 18 cm.

➤ **Exemple :**

➤ **Signalisation horizontale :**

Lignes discontinue

Lignes continue

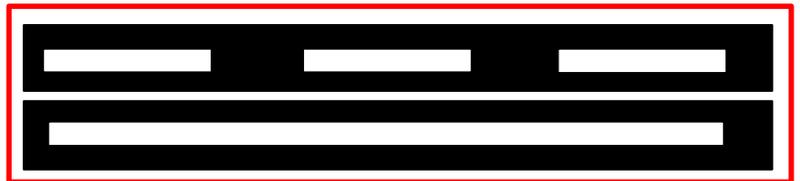


Figure X. 3 : Signalisation horizontale

➔ Signalisation verticale

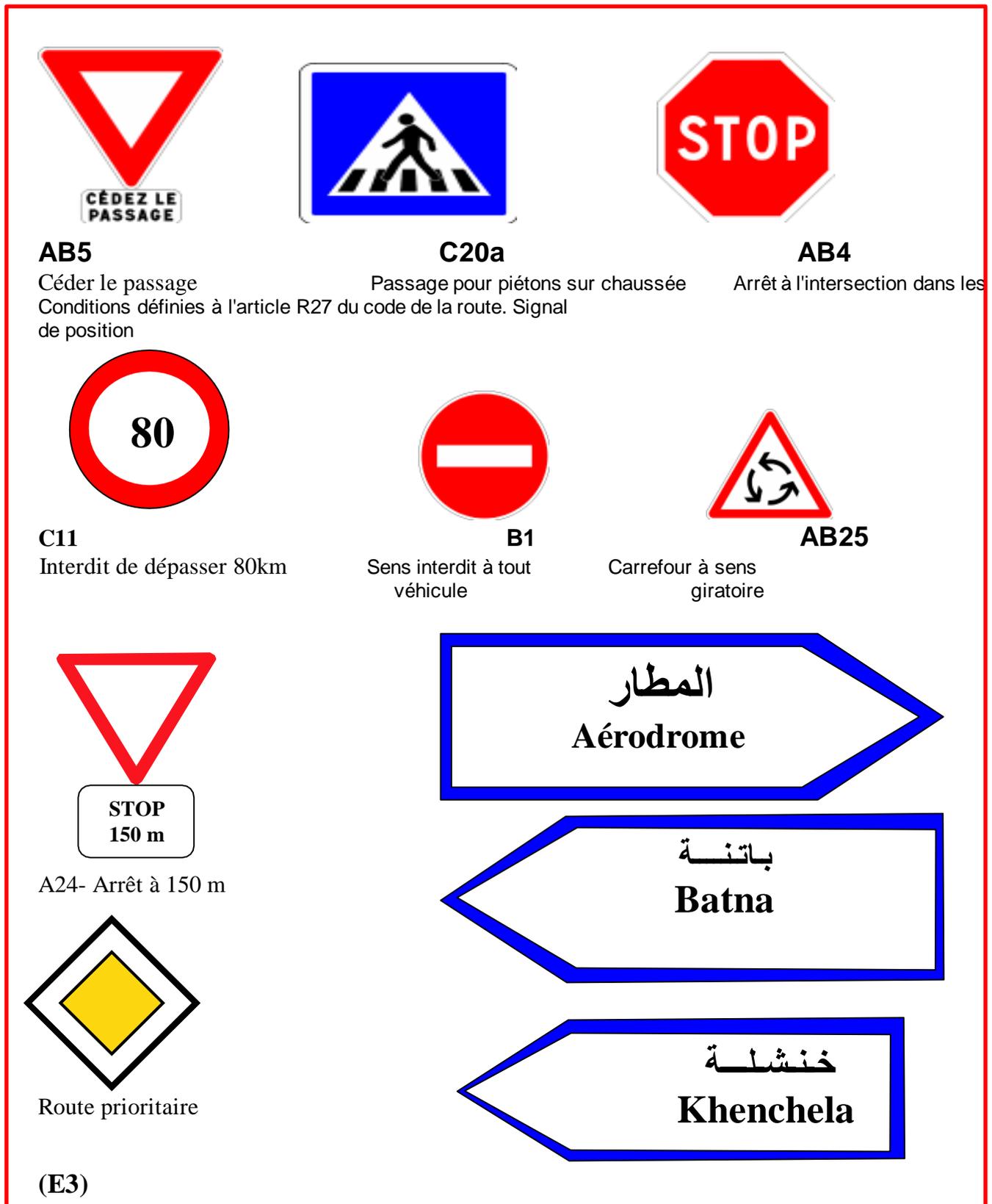


Figure X. 4 : Signalisation verticale

X.8- ECLAIRAGE:

X.8.1- INTRODUCTION :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels

X.8.2- CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- ✓ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ✓ Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- ✓ Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

X.8.3- APPLICATION AU PROJET :

➤ Le giratoire

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible ; on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux. On place en retrait de sa bordure, un foyer (A) dans l'alignement de chacune des voies aboutissantes (appareils défilés).

➤ Le croisement des autres routes :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux on place ensuite des foyers de l'ordre de 12m de hauteur de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour différents sens.

X.8.4- CROISEMENT DE DEUX CLAIRAGES :

Il ne faut pas créer un point lumineux au centre du croisement car il se produirait à l'entrée du carrefour une zone très éclairée qui rendait moins visible la zone du carrefour proprement dit.

X.8.5- PARAMETRE DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ✓ La largeur (l) de la chaussée.

- ✓ Le porte – à – faux (p) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée

Figure 8.5 : éclairage composé et simple

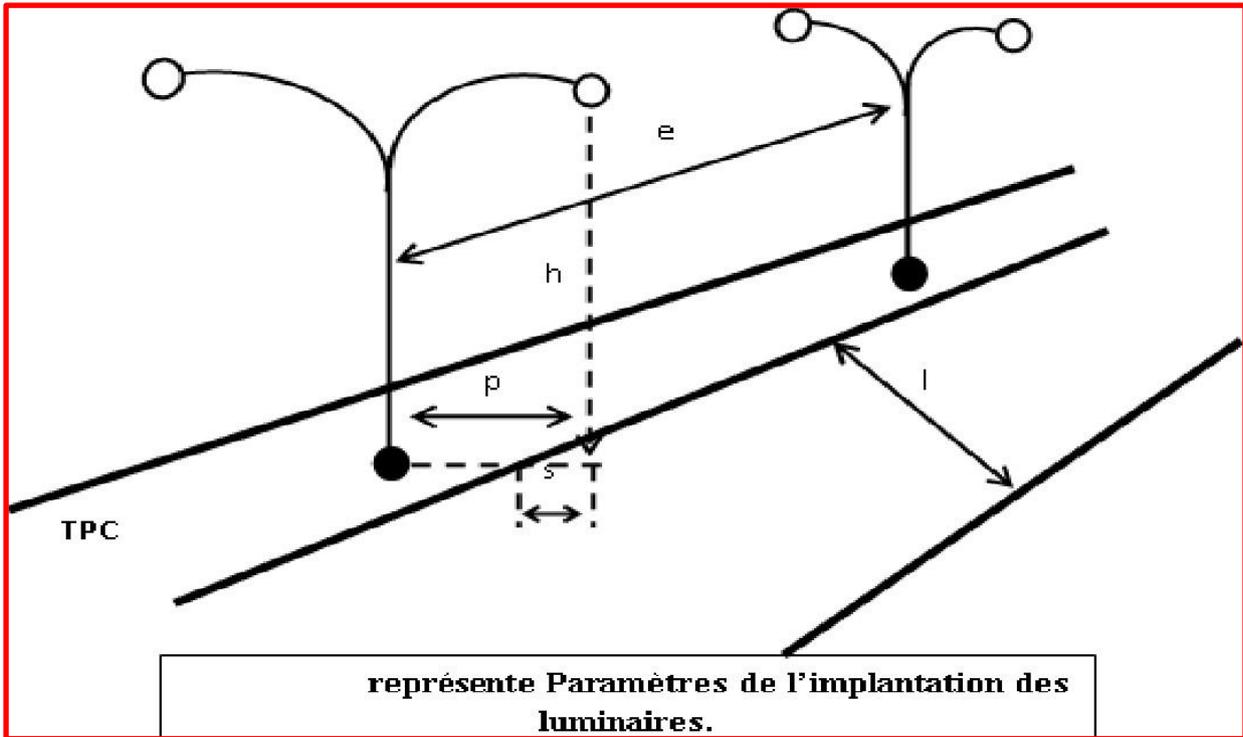


Figure X. 6 : Eclairage composé et simple

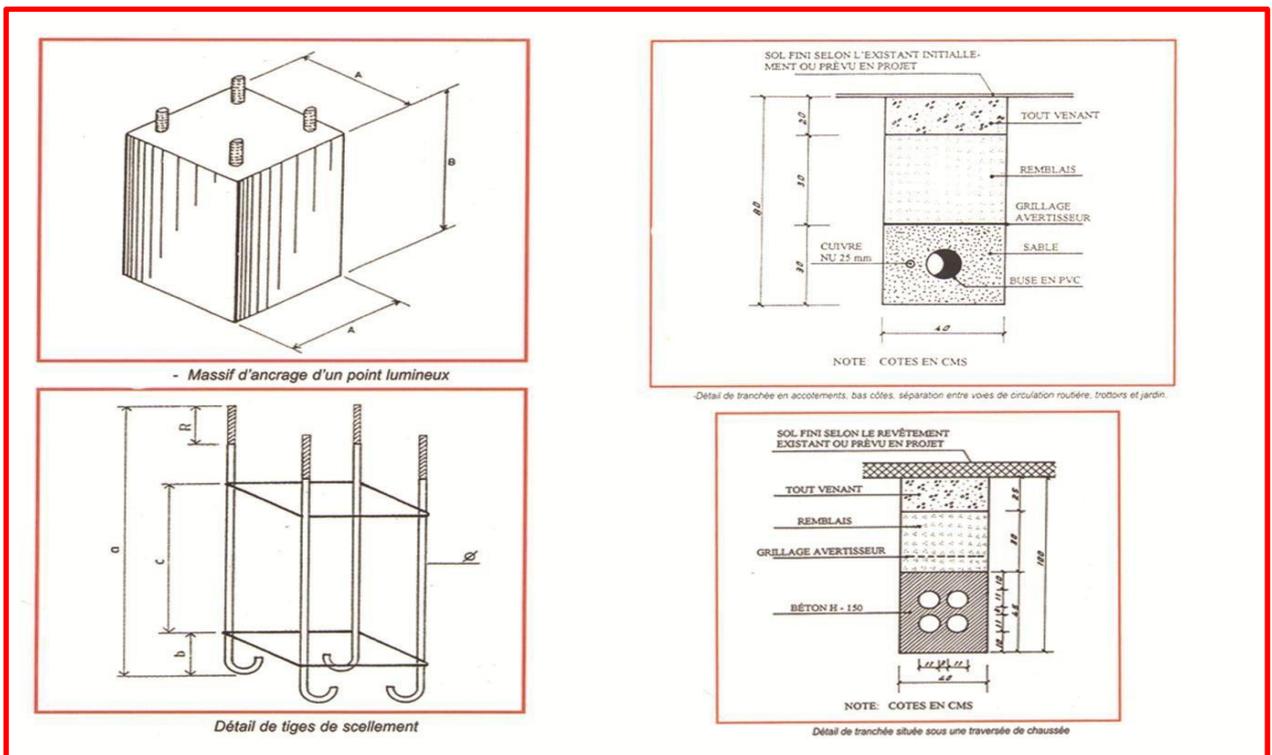


Figure X. 5 : Paramètres d'encrage d'un point lumineux



Figure X. 7 : Modèle d'éclairage

X.9- GLISSIÈRES DE SECURITE :

X.9.1- DEFINITION :

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

- **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles. Eventuellement des glissières sur le T.P.C pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes hauteurs de remblais.

X.9.2- LA MURETTE DE PROTECTION EN BETON ARME : Envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.

X.10- APPLICATION AU PROJET :

Parmi ces dispositifs, on a opté à utiliser des glissières de sécurité de niveau 1 voir l'importance de la RN, et des glissières sur le T.P.C pour la retenue et la séparation.

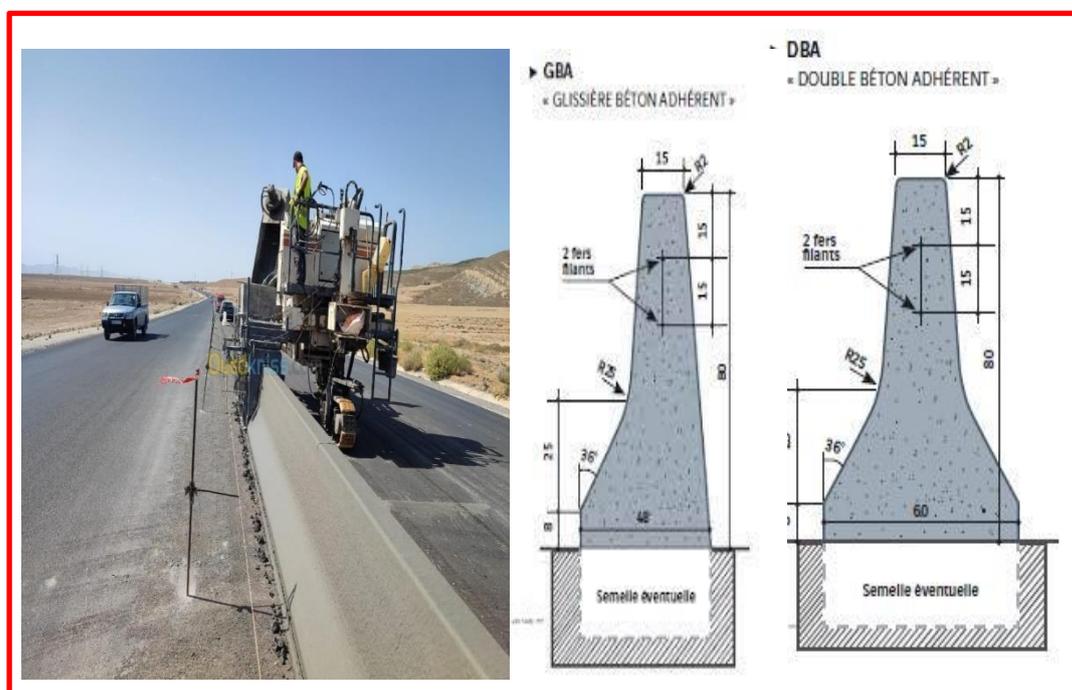


Figure X. 8 : Séparateurs (Glissière simple en Béton) ou (glissière Double en Béton)



Figure X. 9 : Type séparateur en béton



Figure X. 10 : Glissière de sécurité

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Projet: Etude du dédoublement d'un traçon routier de la CW 26 de BOUMIA vers BOULHILAT RN03 (Wilaya de BATNA)

N°	Designation des travaux	Unité	Quantité	P Unitaire	Montant
Terrassements					
1	Travaux de décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 20 cm y/c préparation du fond de forme	M2	185 222.10	100.00	18 522 210.00
2	Scarification de la chaussée existante y/c transport a la décharge publique	M2	109 680.00	200.00	21 936 000.00
3	Déblais en sol meuble y/c évacuation à la décharge publics des terres	M3	541 965.000	350.00	189 687 750.00
4	Remblai en matériaux d'emprunts en matériaux choisis	M3	36 858.000	450.00	16 586 100.00
SOUS TOTAL 01					246 732 060.00
Corps de chaussée					
5	F/P d'une couche de forme en GN 0-80 . Ep = 60 cm	M3	208 657.530	600.00	125 194 518.00
6	F/P d'une couche de fondation en GNT. Ep = 30 cm	M3	78 689.390	1 100.00	86 558 329.00
7	F/P Couche d'imprégnation au cut back 0/1(1Kg/m2)	M2	219 360.00	140.00	30 710 400.00
8	F/P d'une couche de base en GB sur une épaisseur de 20 cm y compris couches d'accrochage entre couche	T	109 384.70	6 500.00	711 000 550.00
9	F/P d'une couche de roulement en BB Ep = 6 cm y compris couche d'accrochage	T	34 773.05	7 000.00	243 411 350.00
10	Rechargement d'accotement en TVC .Ep = 56 cm	M3	24 906.25	1 000.00	24 906 250.00
11	Revetement en monocouche (gravier 15/25) de l'accotement y compris couche d'imprégnation au cut-back 0/1	M2	54 840.00	500.00	27 420 000.00
SOUS TOTAL 02					1 249 201 397.00
Assainissement et ouvrages d'art					
12	Fossé bétonnés dimensions 0,5 x 0,5 x 0,5	ML	27 420.00	4 000.00	109 680 000.00
13	Lot ouvrages d'art (forfaitaire)	U	1	100 000 000.00	100 000 000.00
SOUS TOTAL 03					209 680 000.00
Signalisation verticale et horizontale					
14	F/P des signalisations verticale et horizontale selon plans d'exécution	F	1	30 000 000.00	30 000 000.00
SOUS TOTAL 04					30 000 000.00
Eclairage public et Equipement					
15	Réalisation d'un mur séparateur par coufrage glissant en béton dosé à 350 Kg/m3 /CPA et toutes sujestions de bonne execution	ML	27 420.00	3 500.00	95 970 000.00
16	Remplissage en terre végétale pour TPC avec toute soujestion de bonee éxecution	M3	16 354.830	400.00	6 541 932.00
17	F/P d'un canal PEHD diamètre de 60 mm d'arrosage le long de la route	ML	13 710.00	600.00	8 226 000.00
18	Un arbre tous les 20 m et planter sur carrefour giratoire	U	500	1 500.00	750 000.00
19	Construction d'un socle en béton (0,60*0,60*0,90) ciment HTS dosé à 350kg/m3 et toute sujétion de la bonne exécution.tous les 30 m	U	50	4 000.00	200 000.00
20	Fourniture et pose d'un candélabre (acier galvanise thermolaque trite contre la corision ,hauteur de 7m) avec crose double et toute sujétion de la bonne exécution.	U	50	36 000.00	1 800 000.00
21	Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance superieure au égale 60W) à énergie solaire avec panneau solaire (puissance 18V80 silicium monocristallin a haute efficacité) et capteur crépusculaire et de mouvement ,batterie interne en lithium(12.8V 64AH batterie liFePO4 durée de vie 5ans)et toute sujétion de la bonne exécution.	U	50	150 000.00	7 500 000.00
SOUS TOTAL 05					120 987 932.00
Réalisation de l'aménagement d'un carrefour giratoire					
22	Aménagement d'un carrefour giratoire Rg=25m selon plan d'exécution.	U	1	10 000 000.00	10 000 000.00
SOUS TOTAL 06					10 000 000.00
Total en HT					1 866 601 389.00
TVA 19 %					354 654 263.91
Total en TTC					2 221 255 652.91

devis à la somme de en TTC :

Deux milliards Deux cent vingt et un millions deux cent cinquante cinq mille six cent cinquante deux DA et Quatre-vingt onze Centimes

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'Etude était une formation professionnelle qui nous a permis de développer et d'améliorer nos connaissances théoriques et pratiques dans le domaine des routes. Cette étude nous a permis de bénéficier des expériences des personnes et des encadrants dans ce domaine d'une part, et d'autre part d'apprendre à appliquer des logiciels pour développer et accélérer l'étude qui doit être suivie pour développer le projet de travaux publics.

Cette étude concerne le dédoublement d'un tronçon routier du CW26 reliant Boumia et l'axe menant à la fois à Boulhilet et Chemora (CW20, WILAYA de Batna) entre le PK 26 + 000 et le PK 39 + 710. L'axe de la route étudiée constitue un lien entre les routes nationales d'importance économique. Le tracé du projet traverse un terrain relativement plat avec de faibles sinuosités, ce qui classe la route en catégorie C2 et en environnement de type E1. Nous avons respecté toutes les normes B-40 (normes techniques d'aménagement routier) et ARP (aménagement des routes principales) qui ne peuvent être ignorées ou négligées en surmontant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie et l'environnement, car toute négligence pourrait être fatale.

Ce projet de fin d'Etude nous a permis de mettre en pratique nos connaissances acquises durant tout notre cursus universitaire, ainsi que l'application des règlements algériens relatifs aux routes et aux normes routières.

Les étapes de conception de notre route sont les suivantes : L'étude de trafic est établie sur la base d'un TMJA de 7950 v/j en 2020 (année de comptage) et un pourcentage poids lourds de 26% avec un taux d'accroissement de 4%. Ces données de Trafic ont conduit à la nécessité de dédoubler la route à «2x2» voies et qui correspond au profil en travers type suivant : deux chaussées de 8m (2x4x2) avec surlargeur de 0,50m côté TPC et de 0,25m côté accotement et un terre-plein central (TPC) de 3.00m, un accotement de 2.00 m de part et d'autre, ce qui conduit à une largeur de plate-forme égale à 23 m. L'étude de dimensionnement du corps de chaussée a permis de calculer les épaisseurs des différentes couches, vérifiées avec le logiciel Alizé et conformes à la méthode du catalogue algérien : 6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) + 60 TVO.

L'étude géométrique nous a permis d'acquérir beaucoup d'information en utilisant des logiciels COVADIS AUTOPISTE pour la conception du tracé en plan, ainsi que le profil en long et des profils en travers. Les cubatures des terrassements s'élèvent à (541 965.00 m³ déblais – 36 858.00 m³ remblais). La conception d'un carrefour implanté au PK 39+710 est aménagée avec un îlot central circulaire de rayon extérieur = 25 m et rayon intérieur = 17 m pour permettre une intersection en toute sécurité entre le CW 26 vers Boumia, le CW 26 vers Boulhilet et vers Chemora.

BIBLIOGRAPHIE

Règlement

- ❖ **B40** : Normes techniques d'aménagement des routes.
- ❖ **ARP** : Aménagement de routes principales

Documents de DTPW.BATNA.

- ❖ Rapport géotechnique étude du dédoublement de l'axe routier reliant la RN88 (limite wilayade Khenchela)
- ❖ Rapport hydrologique étude du dédoublement de l'axe routier reliant la rn88 (limite wilayade Khenchela)
- ❖ Etude de trafic étude de dédoublement de l'axe reliant la rn88 a la rn03 sur 56km
- ❖ Levé topographique de dédoublement de l'axe reliant la rn88 a la rn03 sur 56km.

Utilisation les Documents suivante :

- ❖ Les cours des routes ; Dr. **Remadna Mohamed Saddek**.
- ❖ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**CTTP**) : fascicule1et 2 et3.
- ❖ Livre Cours de routes : conception des tracé routier – avant métré (KALLI Fatima-Zohra-RAHAL).
- ❖ Catalogue des signaux Routiers (SETRA).
- ❖ Aménagement des carrefours (SETRA).
- ❖ Voiries et aménagements urbains en béton tome 01 : conception et dimensionnement
- ❖ Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales carrefours plans
- ❖ Cours de Route I : Nehaoua Adel 2013

Les Logiciel Et Outils Informatique

- ❖ Logiciel Covadis 16d.
- ❖ Logiciel Autopiste
- ❖ Logiciel ALIZI III.
- ❖ Logiciel Auto CAD 2013.2016
- ❖ Microsoft Excel 2013. Et Microsoft Word 2013. Microsoft PowerPoint 2013
- ❖ Google Earth Pro Et logiciel Global Mapper 23 (superposer traces en plan + giratoire)

Annexes

Axe En Plan

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 88.8232 g	5422.138	0.000	272932.411	3951324.538
Arc 1	Rayon -450.000 m Centre X 278349.799 m Centre Y 3951828.509 m	47.822	5422.138	278271.200	3952271.591
Clothoïde 1	Paramètre 244.643	133.000	5469.960	278318.641	3952277.429
Droite 2	Gisement 104.9964 g	844.008	5602.960	278451.456	3952273.545
Arc 2	Rayon 450.000 m Centre X 279328.147 m Centre Y 3952655.987 m	77.008	6446.968	279292.866	3952207.372
Clothoïde 2	Paramètre -244.643	133.000	6523.976	279369.778	3952207.916
Droite 3	Gisement 84.6943 g	363.967	6656.976	279500.228	3952233.163
Arc 3	Rayon 300.000 m Centre X 279782.293 m Centre Y 3952611.200 m	9.923	7020.943	279853.727	3952319.828
Clothoïde 3	Paramètre -187.748	117.498	7030.866	279863.323	3952322.350
Droite 4	Gisement 70.1217 g	559.948	7148.364	279971.174	3952368.467
Arc 4	Rayon -450.000 m Centre X 280674.106 m Centre Y 3952220.381 m	10.945	7708.311	280470.577	3952621.724
Clothoïde 4	Paramètre 244.643	133.000	7719.256	280480.397	3952626.555
Droite 5	Gisement 81.0779 g	566.469	7852.256	280605.372	3952671.676
Arc 5	Rayon -450.000 m Centre X 281278.794 m Centre Y 3952407.310 m	1.030	8418.725	281147.002	3952837.578
Clothoïde 5	Paramètre 244.643	133.000	8419.755	281147.988	3952837.879
Droite 6	Gisement 90.6315 g	114.446	8552.755	281278.304	3952863.809
Arc 6	Rayon 1500.000 m Centre X 281171.568 m Centre Y 3954364.377 m	65.354	8667.201	281391.513	3952880.590
Clothoïde 6	Paramètre -446.654	133.000	8732.555	281455.931	3952891.578
Droite 7	Gisement 85.0354 g	625.663	8865.555	281585.706	3952920.637
Arc 7	Rayon -1500.000 m Centre X 282543.519 m Centre Y 3951607.607 m	40.905	9491.218	282194.163	3953066.356
Clothoïde 7	Paramètre 446.654	133.000	9532.123	282234.068	3953075.340
Droite 8	Gisement 89.5938 g	150.570	9665.123	282364.950	3953098.918
Arc 8	Rayon -10000.000 m Centre X 284140.838 m Centre Y 3943256.718 m	283.835	9815.692	282513.512	3953123.420
Clothoïde 8	Paramètre 1153.256	133.000	10099.527	282794.181	3953165.629
Droite 9	Gisement 91.8241 g	3477.292	10232.527	282926.048	3953182.955
			13709.819	286374.703	3953628.304
Longueur totale de l'axe 13709.819 mètre(s)					

Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -0.78 %	889.328	0.000	883.520
Parabole 1	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 908.718 m Sommet Alt. 876.547 m	26.954	889.328	876.623
Pente 2	Pente 0.30 %	828.239	916.282	876.559
Parabole 2	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 1761.163 m Sommet Alt. 879.090 m	150.958	1744.521	879.065
Pente 3	Pente -2.44 %	512.055	1895.479	877.450
Parabole 3	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 2468.586 m Sommet Alt. 864.200 m	53.655	2407.534	864.945
Pente 4	Pente -0.30 %	281.282	2461.189	864.211
Parabole 4	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 2726.196 m Sommet Alt. 863.402 m	72.964	2742.471	863.378
Pente 5	Pente -1.62 %	153.473	2815.435	862.678
Parabole 5	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 2879.670 m Sommet Alt. 860.912 m	62.182	2968.909	860.188
Pente 6	Pente -2.75 %	140.888	3031.091	858.828
Parabole 6	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 3240.807 m Sommet Alt. 854.001 m	54.303	3171.979	854.949
Pente 7	Pente -0.58 %	123.118	3226.282	854.044
Parabole 7	Rayon -5485.177 m Sommet Absc. 3317.532 m Sommet Alt. 853.421 m	152.635	3349.400	853.328
Pente 8	Pente -3.36 %	0.218	3502.035	850.318
Parabole 8	Rayon 2121.000 m Sommet Absc. 3573.597 m Sommet Alt. 849.111 m	107.545	3502.253	850.311
Pente 9	Pente 1.71 %	150.860	3609.799	849.420
Parabole 9	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 3854.535 m Sommet Alt. 852.796 m	111.001	3760.659	851.995
Pente 10	PentellK -0.31 %	348.777	3871.661	852.769
Parabole 10	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 4228.222 m Sommet Alt. 851.671 m	36.312	4220.437	851.683
Pente 11	Pente 1.14 %	177.636	4256.749	851.834
Parabole 11	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 4497.146 m Sommet Alt. 854.219 m	131.230	4434.385	853.861
Pente 12	Pente -1.24 %	698.674	4565.615	853.793
Parabole 12	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 5295.412 m Sommet Alt. 844.901 m	48.601	5264.289	845.095
Pente 13	Pente 0.70 %	1031.974	5312.890	844.962
Parabole 13	Rayon -5500.000 m Sommet Absc. 6383.316 m Sommet Alt. 852.311 m	217.826	6344.864	852.177
Pente 14	Pente -3.26 %	144.700	6562.690	849.386
Parabole 14	Rayon 2500.000 m Sommet Absc. 6788.924 m Sommet Alt. 843.338 m	105.219	6707.390	844.667
Pente 15	Pente 0.95 %	384.661	6812.610	843.450

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abcisse	Altitude
Parabole 15	Rayon	2500.000 m	90.431	7197.271	847.094
	Sommet Absc.	7173.585 m			
	Sommet Alt.	846.982 m			
Pente 16	Pente	4.56 %	43.328	7287.702	849.586
Parabole 16	Rayon	-3000.000 m	257.940	7331.030	851.564
	Sommet Absc.	7467.970 m			
	Sommet Alt.	854.690 m			
Pente 17	Pente	-4.03 %	5.223	7588.970	852.250
Parabole 17	Rayon	2500.000 m	117.977	7594.193	852.039
	Sommet Absc.	7695.026 m			
	Sommet Alt.	850.005 m			
Pente 18	Pente	0.69 %	556.155	7712.170	850.064
Parabole 18	Rayon	-10000.000 m	22.438	8268.325	853.878
	Sommet Absc.	8336.901 m			
	Sommet Alt.	854.113 m			
Pente 19	Pente	0.46 %	418.692	8290.763	854.007
Parabole 19	Rayon	-5500.000 m	99.062	8709.456	855.938
	Sommet Absc.	8734.831 m			
	Sommet Alt.	855.997 m			
Pente 20	Pente	-1.34 %	120.235	8808.517	855.503
Parabole 20	Rayon	2500.000 m	45.440	8928.752	853.893
	Sommet Absc.	8962.246 m			
	Sommet Alt.	853.668 m			
Pente 21	Pente	0.48 %	630.234	8974.191	853.697
Parabole 21	Rayon	-5500.000 m	108.696	9604.425	856.708
	Sommet Absc.	9630.706 m			
	Sommet Alt.	856.771 m			
Pente 22	Pente	-1.50 %	261.726	9713.122	856.153
Parabole 22	Rayon	2500.000 m	51.285	9974.847	852.232
	Sommet Absc.	10012.309 m			
	Sommet Alt.	851.951 m			
Pente 23	Pente	0.55 %	139.204	10026.133	851.989
Parabole 23	Rayon	-5500.000 m	51.190	10165.337	852.759
	Sommet Absc.	10195.749 m			
	Sommet Alt.	852.843 m			
Pente 24	Pente	-0.38 %	700.102	10216.527	852.804
Parabole 24	Rayon	-10000.000 m	6.743	10916.629	850.159
	Sommet Absc.	10878.851 m			
	Sommet Alt.	850.230 m			
Pente 25	Pente	-0.45 %	341.130	10923.371	850.131
Parabole 25	Rayon	10000.000 m	4.598	11264.501	848.612
	Sommet Absc.	11309.021 m			
	Sommet Alt.	848.513 m			
Pente 26	Pente	-0.40 %	400.844	11269.099	848.593
Parabole 26	Rayon	2500.000 m	20.113	11669.943	846.993
	Sommet Absc.	11679.924 m			
	Sommet Alt.	846.973 m			
Pente 27	Pente	0.41 %	1248.796	11690.057	846.993
Parabole 27	Rayon	3000.000 m	82.295	12938.852	852.055
	Sommet Absc.	12926.693 m			
	Sommet Alt.	852.030 m			
Pente 28	Pente	3.15 %	96.994	13021.148	853.517
Parabole 28	Rayon	-3000.000 m	123.718	13118.141	856.571
	Sommet Absc.	13212.595 m			
	Sommet Alt.	858.058 m			
Pente 29	Pente	-0.98 %	466.520	13241.859	857.915
				13708.379	853.364
Longueur totale de l'axe 13708.379 mètre(s)					

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Etude du dédoublement d'un tronçon routier de la CW26 à BOUMIA VERS BOULHILAT (Wilaya de Batna)

Matériau	Volume Cumulé
BB / C R	14488.77
G.B./C BASE	49720.32
TVC / Accotement	24906.25
GN 0-80 / CDF	208657.53
GNT / Fondation	78689.39
TV / TPC	16354.83

Volume Cumulé	
Déblai	Remblai
541 965,000	36 858,000

Décapage $E_p=20$ cm: $13.51 \times 13710 = 185\,222.10 \text{ m}^2$

Scarification de la chaussée existante : $8.00 \times 13710 = 109\,680.00 \text{ m}^2$

Déblai : $541\,965.000 \text{ m}^3$

Remblai: $36\,858.000 \text{ m}^3$

Couche de forme en GN 0-80 . $E_p = 60$ cm = 208657.53 m^3

Couche de fondation en GNT. $E_p = 30$ cm = 78689.39 m^3

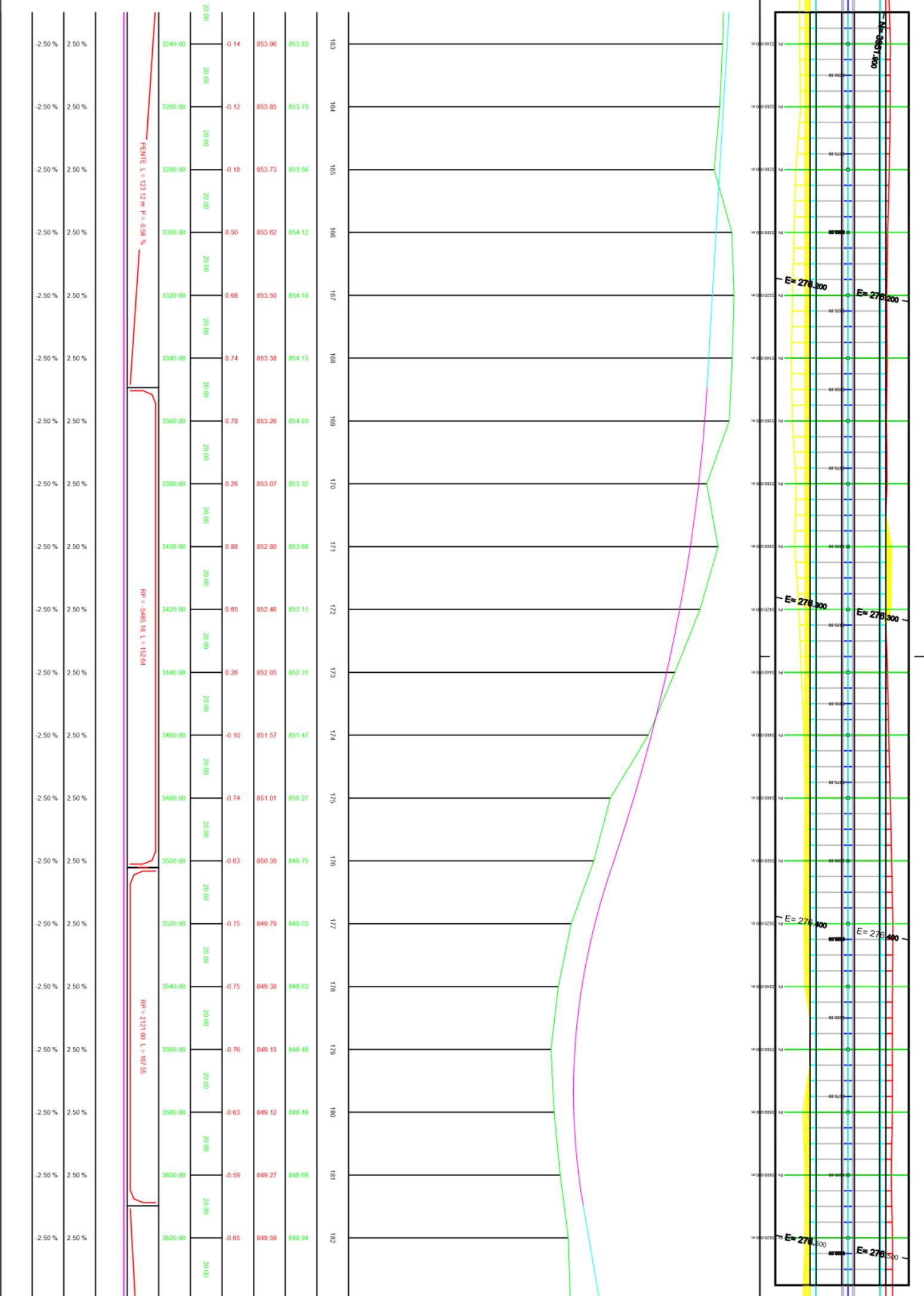
Rechargement d'accotement en TVC . $E_p = 56$ cm= 24906.25 m^3

Couche GB sur une épaisseur de 20cm = $49720.32 \text{ m}^3 \times 2.20 = 109384.704 \text{ T}$

Couche de roulement en BB $E_p = 6$ cm = $14488.77 \text{ m}^3 \times 2.40 = 34773.048 \text{ T}$

Couche d'imprégnation au cut back 0/1 $1\text{Kg/m}^2 = 2 \times 8.00 \times 13710 = 219360.00 \text{ m}^2$

Remplissage en terre végétale pour TPC = 16354.83 m^3

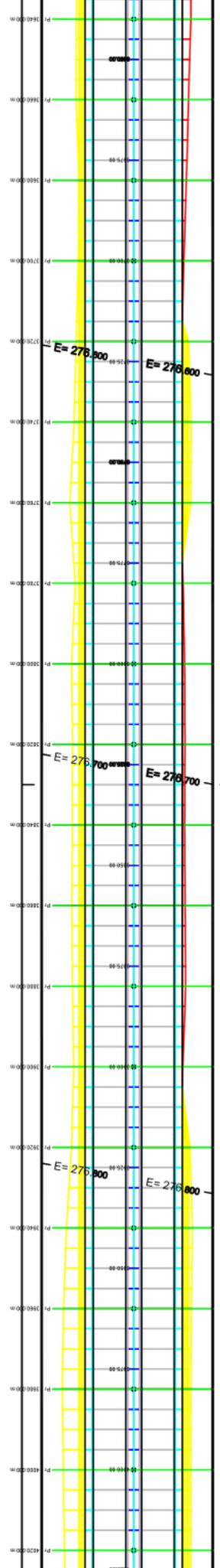
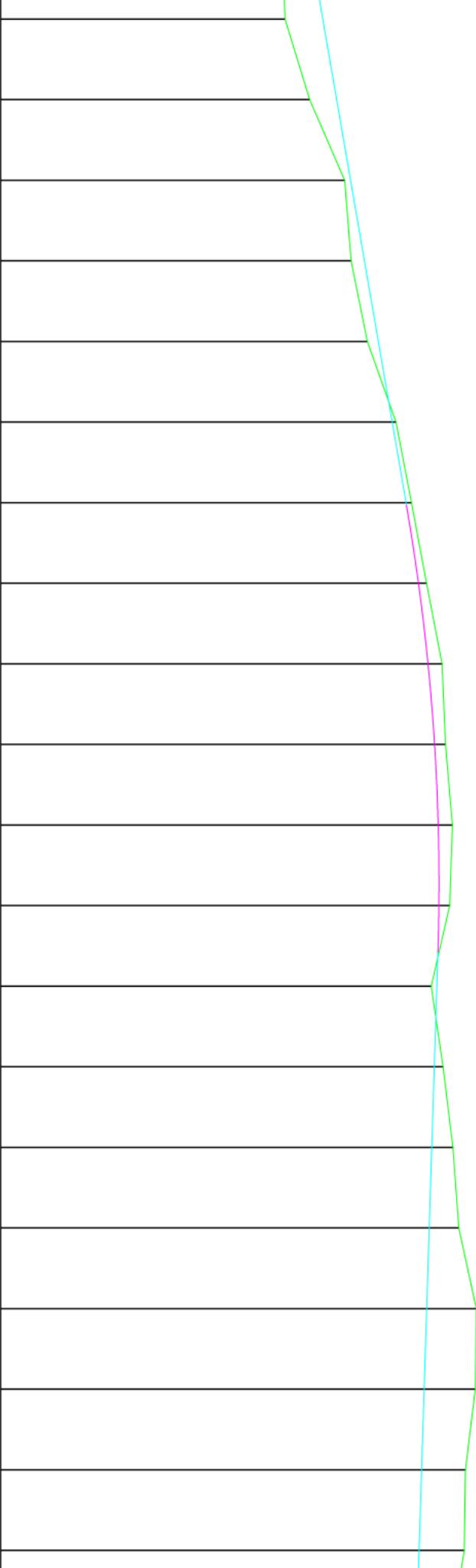




RAVPE L = 150.86 m P = 1.71 %
 RP = 4500.00 L = 111.00

3640.00	20.00	-0.93	849.94	849.00
3660.00	20.00	-0.67	850.28	849.61
3680.00	20.00	-0.14	850.62	850.47
3700.00	20.00	-0.33	850.96	850.63
3720.00	20.00	-0.27	851.30	851.03
3740.00	20.00	0.09	851.64	851.73
3780.00	20.00	0.14	851.98	852.12
3780.00	20.00	0.20	852.29	852.49
3800.00	20.00	0.34	852.53	852.87
3820.00	20.00	0.27	852.69	852.96
3840.00	20.00	0.35	852.78	853.13
3860.00	20.00	0.26	852.79	853.06
3880.00	20.00	-0.14	852.74	852.60
3900.00	20.00	0.21	852.68	852.89
3920.00	20.00	0.52	852.62	853.14
3940.00	20.00	0.72	852.56	853.28
3960.00	20.00	1.22	852.49	853.71
3980.00	20.00	1.26	852.43	853.69
4000.00	20.00	1.08	852.37	853.45
4020.00	20.00	1.11	852.31	853.42

183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202



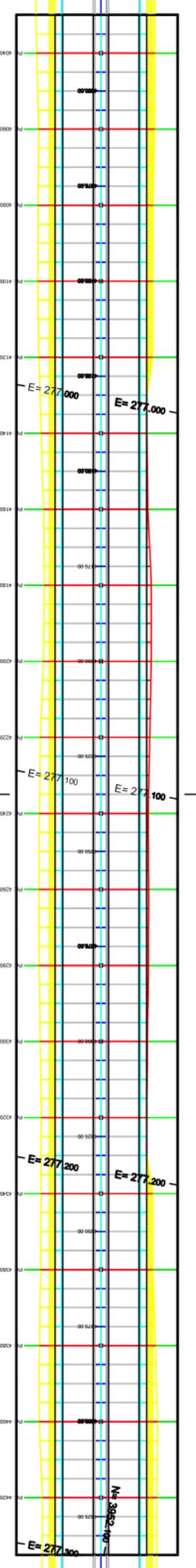
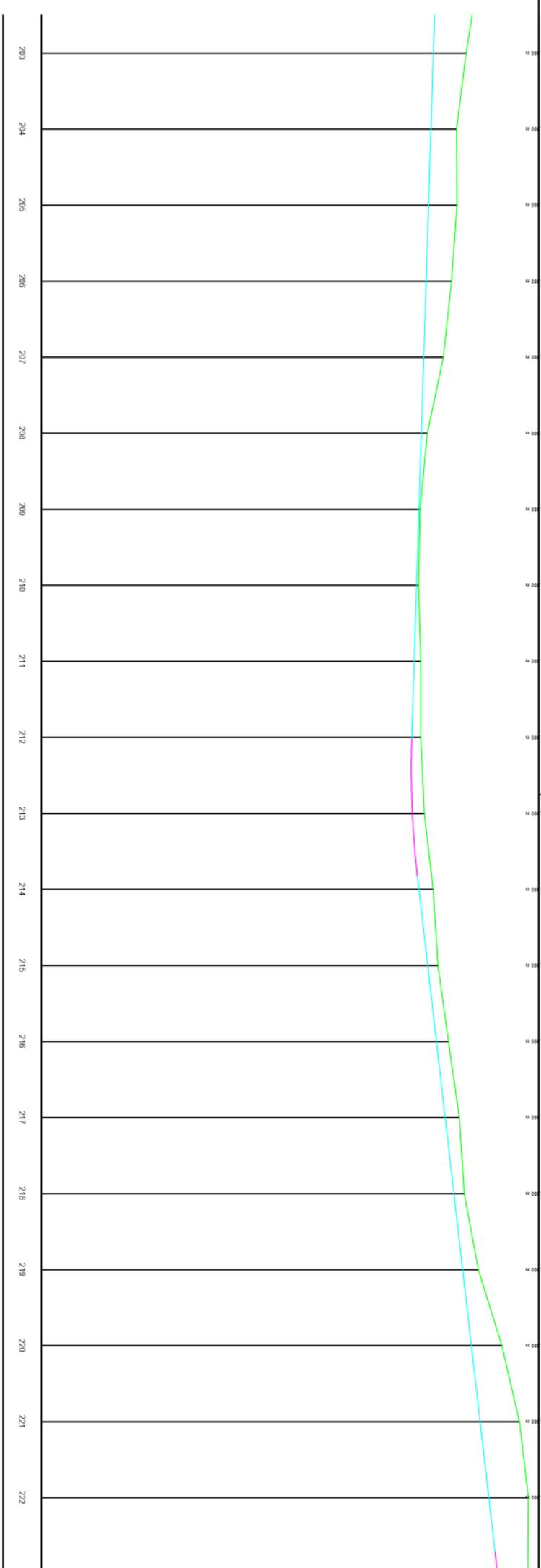


PENTE L = 348.78 m P = 0.31 %

4040.00	0.86	852.24	853.10
20.00			
4060.00	0.67	852.18	852.85
20.00			
4080.00	0.75	852.12	852.87
20.00			
4100.00	0.66	852.06	852.72
20.00			
4120.00	0.51	852.00	852.51
20.00			
4140.00	0.16	851.93	852.09
20.00			
4160.00	0.03	851.87	851.90
20.00			
4180.00	0.05	851.81	851.86
20.00			
4200.00	0.17	851.75	851.92
20.00			
4220.00	0.23	851.68	851.92
20.00			
4240.00	0.31	851.70	852.01
20.00			
4260.00	0.37	851.87	852.24
20.00			
4280.00	0.27	852.10	852.37
20.00			
4300.00	0.31	852.33	852.64
20.00			
4320.00	0.37	852.56	852.92
20.00			
4340.00	0.27	852.78	853.06
20.00			
4360.00	0.41	853.01	853.42
20.00			
4380.00	0.80	853.24	854.04
20.00			
4400.00	1.03	853.47	854.50
20.00			
4420.00	1.03	853.70	854.73
20.00			

RP = 2900.00 L = 36.31

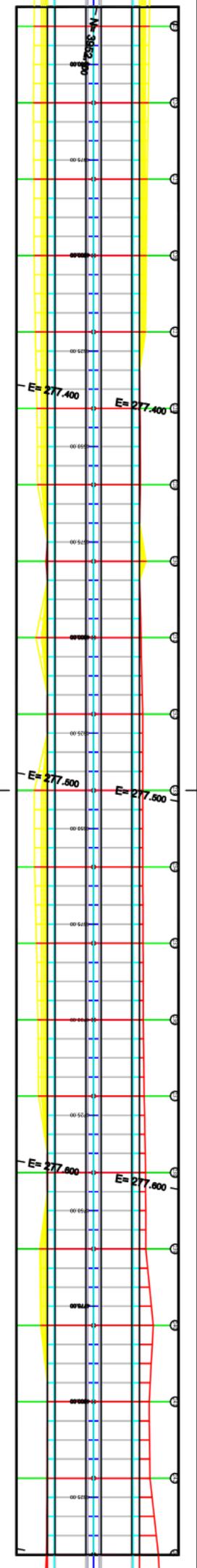
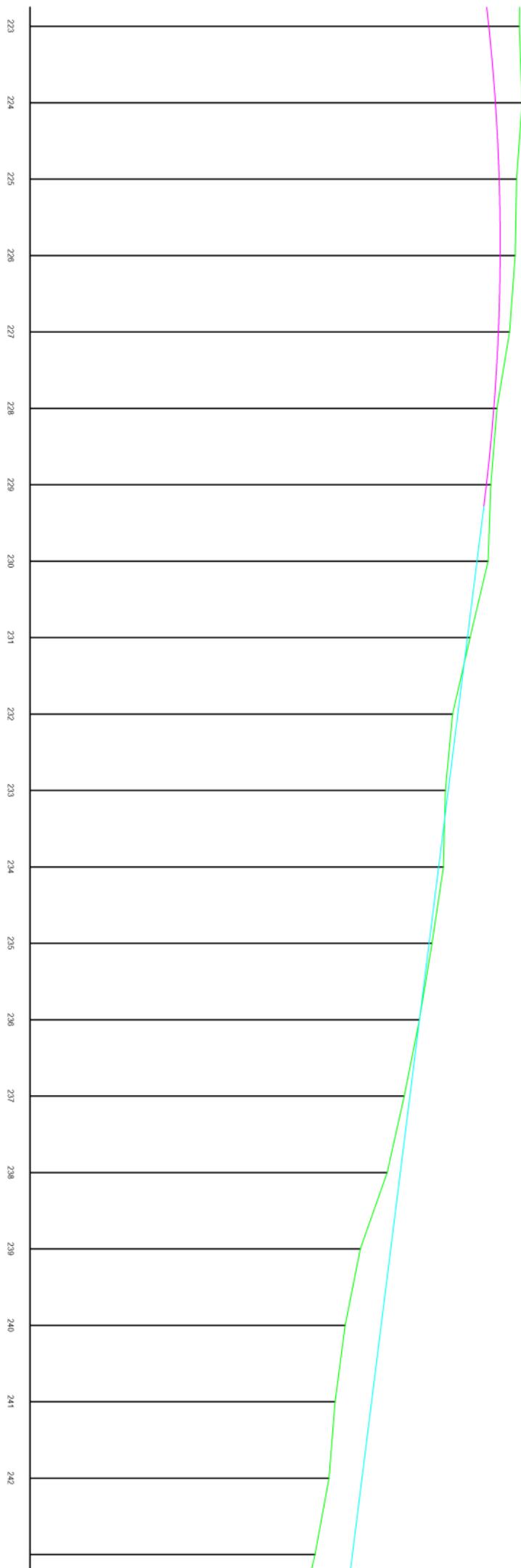
60ANPE L = 177.64 m P = 1.14 %





RP = -5000.00 L = 131.23

4440.00	0.80	853.92	854.72
20.00			
4460.00	0.70	854.09	854.79
20.00			
4480.00	0.45	854.19	854.64
20.00			
4500.00	0.39	854.22	854.61
20.00			
4520.00	0.29	854.17	854.46
20.00			
4540.00	0.08	854.05	854.13
20.00			
4560.00	0.11	853.86	853.97
20.00			
4580.00	0.29	853.61	853.90
20.00			
4600.00	0.07	853.36	853.44
20.00			
4620.00	-0.13	853.12	852.98
20.00			
4640.00	-0.08	852.87	852.79
20.00			
4660.00	0.13	852.62	852.74
20.00			
4680.00	0.08	852.37	852.45
20.00			
4700.00	-0.00	852.12	852.12
20.00			
4720.00	-0.15	851.87	851.72
20.00			
4740.00	-0.34	851.62	851.28
20.00			
4760.00	-0.79	851.37	850.58
20.00			
4780.00	-0.94	851.12	850.19
20.00			
4800.00	-0.95	850.87	849.93
20.00			
4820.00	-0.86	850.63	849.77
20.00			
4840.00	-0.97	850.38	849.40



Profil n°: 13

Abscisse : 240.00 m

Echelle des longueurs : 1/250

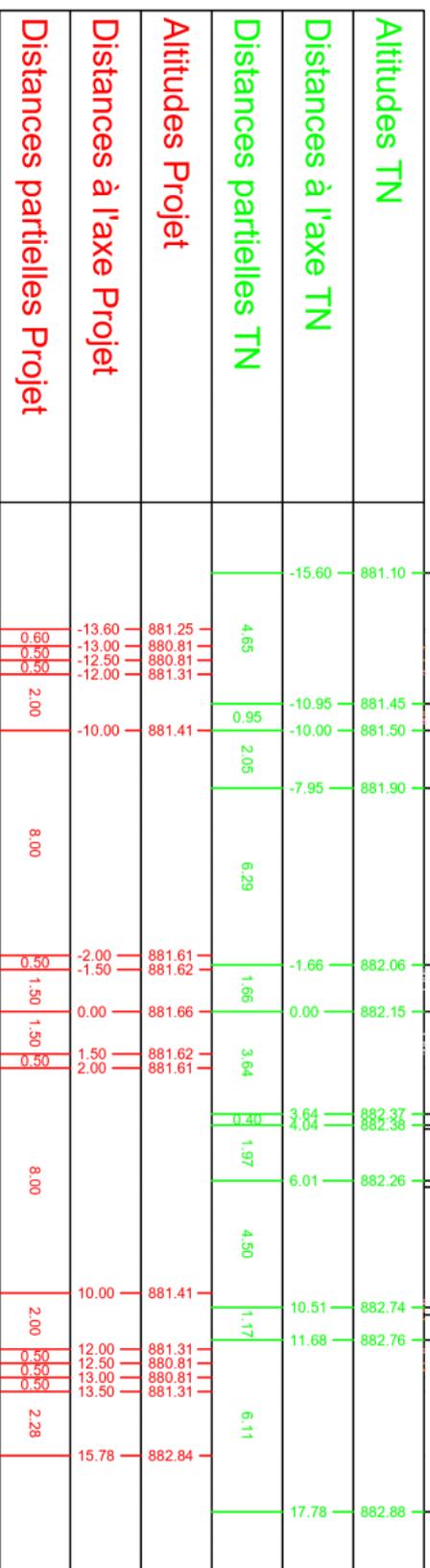
Echelle des altitudes : 1/250

Projet: Etude du dédoublement d'un traçon routier de la CW 26 de BOUMIA vers BOULHILAT RN03

- █ Remblai
- █ Déblai
- █ BB
- █ G.B.
- █ GNT
- █ TVC
- █ S.TPC (1)
- █ S.TPC (2)
- █ Cdf

Dévers Gauche 2.50 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X = 273168.72
 Y = 3951366.46
 Gisement : 188.82 gr

PC : 877.00 m



Profil n°: 199

Abscisse : 3960.00 m

Echelle des longueurs : 1/250

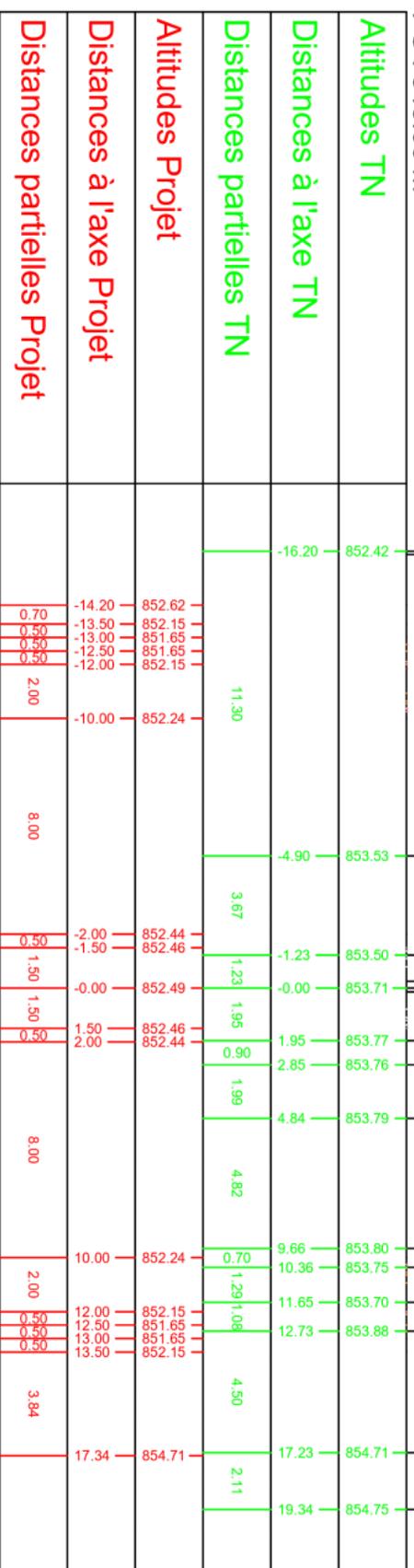
Echelle des altitudes : 1/250

Projet: Etude du dédoublement d'un traçon routier de la CW 26 de BOUMIA vers BOULHILAT RN03

- Remblai
- Déblai
- BB
- G.B.
- GNT
- TVC
- S.TPC (1)
- S.TPC (2)
- Cdf

Dévers Gauche 2.50 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X = 276831.54
 Y = 3952016.21
 Gisement : 188.82 gr

PC : 848.00 m



Profil n° : 426

Abscisse : 8500.00 m

Echelle des longueurs : 1/250

Echelle des altitudes : 1/250

Projet: Etude du dédoublement d'un traçon routier de la CW 26 de BOUMIA vers BOULHILAT RN03

- █ Remblai
- █ Déblai
- █ BB
- █ G.B.
- █ GNT
- █ TVC
- █ S.TPC (1)
- █ S.TPC (2)
- Cdf

Dévers Gauche 2.06 %
 Dévers Droite -2.50 %
 X = 281226.18
 Y = 3952855.67
 Gisement : 189.15 gr

PC : 848.00 m

