

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université 20 Août 1955-Skikda
Faculté de technologie
Département de génie civil



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Travaux Public

Spécialité :

Voies et ouvrages d'art (VOA)

Par :

Chellia rayene

Intitulée :

Etude Du Dédoulement d'un tronçon routier sur la RN85
Du Pk 36,8 au Pk 40

Sous la direction du : Pr. MESSASET SALAH

Soutenu le 29/06/2024

Devant le jury :

- DR. MENDJEL DJENETTE (présidente)**
- DR. BELHADJ M-Z (examineur)**
- DR. FELALI KAMEL (examineur)**

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon directeur de mémoire, Monsieur le Professeur MESSASET SALAH pour son encadrement, ses orientations, son aide précieuse et ses conseils avisés.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et à toutes les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont guidé et enrichi mes réflexions. Leur disponibilité et leur générosité à me rencontrer et à répondre à mes questions durant mes recherches ont été inestimables.

DEDICACE

À toutes les personnes qui nous ont soutenus, encouragés et aimés tout au long de notre vie.

À mes chers parents, pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et vos innombrables sacrifices.

À mes sœurs khouloud et roufeida et à mon petit et unique frère doudou

À toute la famille Chellia et Bourouis pour son aide précieuse.

Une dédicace spéciale à mes chères wissem et lina

À tous nos amis et mes camarades de classe de la spécialité V.O.A, sans qui la vie n'aurait jamais été aussi belle.

À tous ceux qui nous chérissent...

À toutes les personnes qui ont marqué notre parcours par leur présence, leur aide et leur amour.

À mes chers amis et camarades de classe de la spécialité V.O.A, avec qui chaque moment partagé fut une joie.

À tous ceux qui nous aiment et nous soutiennent

نبذة مختصرة :

دراستنا النهائية للمشروع هي في مجال البنية التحتية للنقل ، و يعرض هذا المشروع دراسة مفصلة لتوسيع ،ال سيما الطريق الوطني رقم (85) (على امتداد 3.5 كلم.

تتكون هاته الدراسة من ثلاثة اجزاء :

الجزء الاول: تقديم المشروع و دراسة حركة المرور

الجزء الثاني: الخصائص الجيومترية للطريق (مخطط الطريق، المقطع الطولي للطريق ،المقطع العرضي للطريق)

الجزء الاخير : احتساب طبقات جسم الطريق

كلمات مفتاحية: (حركة المرور، مخطط الطريق ، السرعة المرجعية ، التقاطع، المنحدر، البيئة، الطريق)

-RESUME:

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de Transport, et en particulier des routes. Ce projet présente une étude détaillée d'un élargissement de la route nationale RN85) sur un tronçon de 3,5 Km.

Cette étude se compose de trois parties :

- La première partie : Présentation du projet et étude de trafic.
- La deuxième partie : Géométrie de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers
- La dernière partie : dimensionnement de la route et l'impact sur l'environnement.

Mots clés :(Trafic, Géométrie de la route, Tracé Routière, Vitesse de référence, Carrefour, Chaussé).

A brief overview:

Our final study of the project is in the field of transport infrastructure , and this project presents a detailed study of the expansion, in particular the National Road No. 85) along 3.5 km.

This study consists of three parts :

Part one: project presentation and traffic study

Part II: the geometric characteristics of the road (road plan, longitudinal section of the road ,cross section of the road)

The last part : calculation of Road body layers

Keywords: (traffic, route diagram, reference speed, intersection, slope, environment, Road)

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

Chapitre I : Presentatione de projet

I -1-Introduction	2
I -2-Présentation du projet	2
2-1-Situation géographique	2
2-2-Topographie	3
I -3-Objectifs Principaux du projet	3

Chapitre II : Etude de Trafic

II-1) Introduction	4
II-2) Analyse du trafic	4
2.1. Comptages	4
2.1.1. Comptages Automatiques	4
2.1.2. Comptages Manuel	5
II.3. Différentes Types Du Trafic	5
a) Trafic normal	5
b) Trafic dévié	5
b) Trafic induit	6
Trafic total	6
II .4. Modèles de prévision de trafic	6
4-1) Modèle gravitaire	6
4-2) Modèle de facteur croissance	6
II.5. CALCUL DE LA CAPACITE	7
5.1-Calcul de T_{JMA} horizon	7
5.2 -Calcul du trafic effectif	7
5.3. Débit de pointe horaire normale	8
5.4. Débit horaire admissible	8

5.5. Calcul du nombre de voies	9
II-6) APPLICATION AU PROJET	11

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

III.1. Introduction	15
III.2. Chaussée	15
2-1. Définition	15
2-2. Les différentes couches de chaussée	16
a- Couche de surface	16
b- Couche de base	16
b- Couche de base	16
c- Couche de fondation	16
d- Couche de forme	16
III.3. Différents types des chaussées	16
• Chaussée souple	17
• Chaussée semi-rigide	17
• Chaussée rigide	18
III.4. Facteurs déterminants pour le dimensionnement de chaussées	18
III.5. Les principales méthodes de dimensionnement	19
5-1- Méthode CBR (California – Bearing – Ratio)	19
5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	21
III.6- Amélioration de la portance à long terme du sol support	21
III.7- Les données climatiques	22
III.8. Application au projet	23

CHAPITRE IV : CARASTIRISTIQUES Géométriques DU PROJET

Généralité	36
IV -1) TRACE EN PLAN	36
Définition	36

Les Règles à Respecter Pour le Tracé en Plan	36
Vitesse de référence (de base)	37
Choix de la vitesse de référence	37
LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN	37
5-1) Les Alignements	38
5-2) Arcs de cercle	40
5-3) Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE »	44
1-6) Combinaison des éléments du tracé en plan	47
-6-1) Courbe en S	47
-6-2) Courbe à sommet	47
-6-3) Courbe en C	48
-6-4) Courbe en ove	48
1-7) Paramètres de fondamentaux	48
1-8) Calcul d'axe	49
1-9) APPLICATION AU PROJET	50
IV -2) PROFIL EN LONG :	
2-1) Introduction	56
2-2) Coordination du tracé en plan et profil en long :	57
2-3) Déclivités	57
2-4) Raccordement en profil en long	57
4-1) Raccordements convexes (angle saillant)	58
4-2) Raccordements concaves (angle rentrant)	59
2-5): Détermination pratiques du profil en long.....	59
5-1) Détermination de la position du point de rencontre (s)	60
5-2) Calcul de la tangente	61
5-3) Projection horizontale de la longueur de raccordement	61
5-4) Calcul de la flèche	61
5-5) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe	61
2-6) APPLICATION AU PROJET	62

IV -3) PROFIL EN TRAVERS :	
3-1) Definition:	64
3-2) Les éléments constitutifs du profil en Travers	64
3-3) Classification de profile en Travers	65
3-4) APPLICATION AU PROJET:.....	66
IV -4) cubature :	
4-1) Introduction	66
4 .2) Définition	66
4-3) Méthode de calcul des cubatures	67
4-4) Cubatures de terrassement de notre projet	69

Chapitre V: Etude Géotechnique

V.1.Introduction	68
V.2 : OBJECTIFS	68
V.3: LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE	68
V.4 : LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE	69
4.1 : Les essais d'identification	70
4.2. Les Essais Mécaniques	73
V.5.CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS	74
V.6. Résultats des essais de laboratoire :	75

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

VI -1) Introduction	77
VI.2) Effet des eaux	77
VI.3) Objectif d'assainissement	77
VI.4. Définition des termes hydrauliques.....	78
VI.5. Assainissement de la chaussée	78
5-1) Fossé de pied de talus de déblai	79
5-2) Fosse de crête de déblai	79
5-3) Fosse de pied du talus de remblai	79

5-4) Drain	80
5-5) Descentes d'eau	80
VI .6) Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux.....	80
VI .7) Etude Hydrology.....	80
VI .8) Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :.....	83
VI .9- Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements	88
VI .10- Application au Projet	90

Chapitre VII : Signalisation Et Eclairage

1^{ERE} PARTIE : SIGNALISATION

VII-1) Introduction	98
VII-2) L'objectif de la signalisation	98
VII.3) CATÉGORIES DE SIGNALISATION	98
VII.4) Règle à respecter pour la signalisation	98
VII.5) Types de signalisation	99
VII.6) Application au projet :	100

2^{EME} PARTIE : ECLAIRAGE

VII .1) Introduction :	103
VII .2) Catégorie d'éclairage	103
VII .3) Éclairage d'un point singulier	103
VII .4) Paramètres de l'implantation des luminaires	103

Chapitre VIII:Devis Quantitatif et Estimatif 105

Conclusion Générale 107

Liste Des Figures

Figure I .1 : Localisation géographique de la zone d'étude	2
Figure I .2 : situations du projet	3
Figure III.1 : Structure de la chaussée sous trafic	16
Figure III.2 : Chaussée souple.....	17
Figure III.3 : Chaussée semi-rigide	17
Figure III.4 : Chaussée rigide	18
Figure III.5: Les différents types de chaussée.....	18
Figure III.6. La démarche du catalogue	21
Figure III.7 : Zones climatiques d'été et d'hiver en Algérie	22
Figure III.8: Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR	26
Figure III.9 : La classe de trafic	27
Figure III.10: Structures de chaussées pour différents classes de trafic.	29
Figure III.11. Mode de fonctionnement de la structure.....	30
Figure III.12: Résultats de calcul par alize III.....	34
Figure IV.1 : Les éléments géométriques du tracé en plan.....	38
Figure IV.2 : Force centrifuge.....	40
Figure IV.3 : Les éléments de la clothoïde.....	45
Figure IV.4 : Courbe en S	47
Figure IV.5 : Courbe à sommet.....	47
Figure IV.6 : Courbe en C	48
Figure IV.7 : Courbe en Ovale	48

Figure IV.8 : Représentation du schéma de la pratique du profil en long.....	60
Figure IV.9: éléments de profil en travers.....	65
Figure IV.10 : Surfaces en déblai et remblai.....	67
Figure IV.11 : Surface des deux cas.....	68
Figure IV.12 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.....	68
Figure VI -1 : Emplacement des Ouvrages d'Assainissements.....	79
Figure VI -2 : Bassin versons de ce projet	82
Figure VI -3 : Dalots	88
Figure VI -4 : Buses	89
Figure VI -5 : Fossés	89
Figure VII.1 : exemple de signalisation de notre projet vers ain bouziane.....	101
Figure VII.2: exemple de signalisation de notre projet vers tamalous	102
Figure VII.3: Représente Paramètres de l'implantation des luminaires.....	104

Liste Des Tableaux

Tableau (II -1) : Les résultats de comptage automatique année de comptage 2023.....	5
Tableau (II -2) coefficient d'équivalence (B40)	8
Tableau II.3 : Valeurs de K1	8
Tableau II.4 : Valeurs de K2	9
Tableau II.5 : Valeurs de C_{th}	9
Tableau II.6. Environnement de la route.....	11
Tableau II.7. Résultats de calcul de capacité	14
Tab III .1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	20
Tab III .2 : Amélioration de la portance du sol support	22
Tab III .3. : Zone climatique (fascicule1)	23
Tab III .4 : Classification des réseaux principale	26
Tab III .5. Classes de portance de sol-support	27
Tab III .6. Classe de sol-support (fascicule N° 2)	28
Tab III .7. Valeur de coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)	31
Tab III .8. Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2)	31
Tab III .9. Performances mécanique des matériaux bitumineux (fascicule 2)	32
Tab III .10. Valeur de $t=f(R\%)$ (Fascicule 2)	33
Tab III .11 : Comparaison des déformations admissibles	35
Tab. IV.1 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E	41
Tab. IV.2 : Coefficient de frottement en fonction de V_r et Cat	41
Tab. IV.3 : Valeur des différents rayons donnés par B40	48
Tab. IV.4 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.....	51

Tab. IV.5 : Coordonnées et rayon du sommet choisi.....	52
Tab. IV.6: Valeurs des points particuliers calculés.....	56
Tab. IV.7 : Caractéristiques des rayons du profil en long.....	59
Tab. IV.8 : Coordonnées et rayon du cotes et abscisse chois	62
Tab V .1) tableau récapitulatif	75
Tab V .2) tableau récapitulatif.....	76
Tab VI.1: caracteristiques de la station pluviométrique.....	81
Tab VI.2:Caractéristiques morpho métriques des bassins versants	82
Tab VI.3: Valeur du Coefficient"C1" pour Diverse Pontes	84
Tab VI.4: Valeur du Coefficient"C2" par Rapport à la Nature du Sol.....	84
Tab VI.5 :Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol	84
Tab VI.6: les coefficients de ruissellements.....	85
Tab VI.7: Variable de Gauss	86
Tab VI.8: Les valeurs des coefficients de rugosité (K)	87
Tab VI.9: Les surfaces des sous bassins versants	92
Tab VI.10: Calcul de l'intensité	93
Tab VI.11: Le débit total des bassins versants	93
Tab VI.12: Localisation des ouvrages BUSES	97
Tableau VI.13 : ouvrage dalot.....	97
Tableau VII .1. Caractéristique de lignes discontinues.....	100

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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

L'histoire de la route est indubitablement attachée au développement de l'humanité et des civilisations. Il est important de noter que l'histoire nous apporte ensuite la confirmation que de nombreuses civilisations aux visées expansionnistes ont appuyé leur développement sur une maîtrise de la communication en général et des infrastructures routières en particulier

L'apparition du véhicule automobile et sa rapide perfectionnement, ont introduit dans la technique routière, les préoccupations relatives à la vitesse, à savoir :

- La recherche d'un uni de plus en plus parfait.
- Les caractéristiques géométriques nouvelles (adapter à la circulation rapide).

La route doit être construite avec beaucoup de soin et de rigueur, de façon à équilibrer entre la bonne conception, la sécurité et le confort des usagers d'une part et les aspects économiques d'autre part.

De ce qui précède, nous proposons dans notre présent projet : un tronçon de 3.5 Km, afférent au « projet de réalisation du dédoublement RN 085 a sidi mezhich de la wilaya de Skikda».

Cette réalisation contribuera à la fluidité de la circulation automobile dans cette partie de l'agglomération marquée par une circulation important, en particulier des poids lourds.

L'objectif de ce travail, consiste en l'étude d'un projet réel afin de permettre au future cadre de la nation :

- De compléter ses connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- De s'intégrer dans le monde du travail.
- Et surtout de prendre connaissance des missions et responsabilités futures, et ce, dans le cadre de son propre domaine

CHAPITRE I :

PRESENTATION DU PROJET

I -1-Introduction :

L'élargissement des routes est un processus important pour améliorer la fluidité du trafic et répondre aux besoins d'un développement urbain continu. Ce domaine est important pour améliorer la sécurité routière et réduire les embouteillages. Dans cette étude, nous explorons l'importance de l'élargissement des routes et son impact sur la vie des gens et sur l'économie locale. Nous discuterons des technologies utilisées dans le processus de mise à l'échelle et des défis auxquels nous avons été confrontés. Nous discuterons également des meilleures pratiques pour gérer vos opérations d'expansion de manière efficace et avec le moins d'impact possible sur l'environnement. Préparons-nous à explorer le monde de l'élargissement des routes et comment il peut contribuer à améliorer notre vie quotidienne ?

I -2-Présentation du projet :**2-1-Situation géographique :**

Skikda est située à 471 km à l'est de la capitale [Alger](#), à 140 km à l'est de [Jijel](#), à 80 km au nord-est de [Constantine](#) et à 100 km à l'ouest d'[Annaba](#).

La commune de Skikda est située au nord de la [wilaya de Skikda](#), sur le littoral maritime. Elle est bordée au nord par la [mer Méditerranée](#) et est attenante aux communes de [Filfila](#) (à l'est), d'[El Hadaiek](#) et [Hamadi Krouma](#) (au sud) et de [Aïn Zouit](#) (à l'ouest et au sud-ouest).

Notre projet est une étude de dédoublement de la RN 85 sur 3.5 KM du PK 36 ,8+300AU PK 40+3000.L'amélioration de ce dédoublement permet de soutenir dans un futur proche d'autres axes principaux reliant différents endroits du territoire d'influence Le projet.

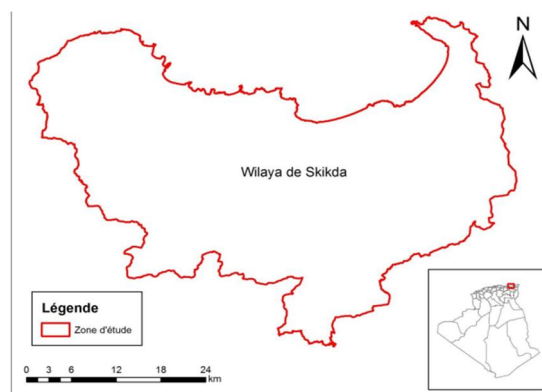


Figure I .1 : Localisation géographique de la zone d'étude

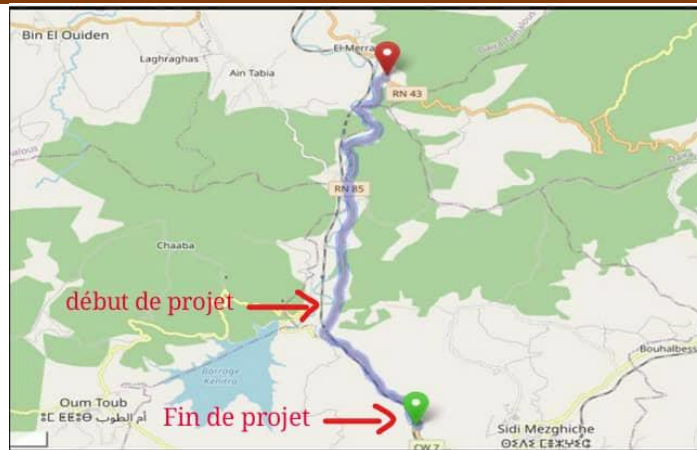


Figure I .2 : situations du projet

2-2-Topographie :

Le relief est très accidenté sur la frange littorale est, dans les massifs de Collo, Azzaba et la Marsa. Dans ce relief on distingue trois types de zones topographiques, les zones de montagnes, les zones de plaines et les zones de piémonts.

I -3-Objectifs Principaux du projet :

Les objectifs évoqués par la création de ce projet sont les suivantes :

- Augmenter la capacité de la route nationale RN 85 dans ce tronçon
- Définir une manifestation d'intérêt pour l'économie nationale.
- Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- Réduire le coût d'exploitation du véhicule (C.E.V). Diminuer le temps du déplacement.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le Trafic actuel et futur.
- faire des corrections de la route Choisir les corrections les plus optimales parmi les différentes corrections proposées, des corrections qui assurent le confort et la sécurité de l'usager, ainsi que la fluidité du futur trafic.

CHAPITRE II :
ETUDE DE TRAFIC

II-1) Introduction :

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une Région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement Une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, pour partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les Réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

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

II-2) Analyse du trafic :

L'étude de trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, la détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatiques).
- Enquêtes de circulation. (Origine, destination).

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en Deux catégories :

II.2.1. Comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage : **II.2.1.1.**

Comptages Automatiques :

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, les comptages permanents,

1. Sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés. Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

- Les résultats du comptage automatique effectué sont affichés dans la section en cours dans le tableau ci-dessous. En amont à travers direction travaux publique SKIKDA .

Tableau (II -1) : Les résultats de comptage automatique année de comptage 2023

N°	Route	Sens	Volume journalier moyen par sens TV (7j)	PL/j/s	% PL/j
01	RN85 Au Pk : 43+500	VERS COLLO	6796	1382	20%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	6830	1326	19%
02	CAREFFOUR RN 43	VERS COLLO RN 43	3575	347	10%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	3604	167	5%

II.2.1.2. Comptages Manuel :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs Fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le Pourcentage de poids lourds et les transports en communs.

II.3. Différentes Types Du Trafic :

On distingue quatre types de trafics :

a) Trafic normal :

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

b) Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

c) Trafic induit :

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

d) Trafic total :

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

II .4. Modèles de prévision de trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant .Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.

Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autre part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

4-1) Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

4-2) Modèle de facteur croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.

- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

Pour notre cas, nous utiliserons la première méthode **prolongation de l'évolution passée**, vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

II.5. CALCUL DE LA CAPACITE :

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

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

5.1-Calcul de TJMA horizon :

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

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

TJMA_h : Le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : Le trafic à l'année de référence.

n : Nombre d'année.

τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

5.2 -Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (UVP), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (UVP).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] TMJA_n$$

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.

Tableau (II -2) coefficient d'équivalence (B40)

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

5.3. Débit de pointe horaire normale :

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

$$Q = (1/n) \times T_{\text{eff}}$$

Avec :

Q : Débit de pointe horaire.

1/n : Coefficient de pointe en général égal à 0.12.

T_{eff} : Trafic effectif.

5.4. Débit horaire admissible :

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

Avec :

K₁ : Coefficient lié à l'environnement.

K₂: Coefficient de réduction de capacité.

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

Tableau II.3 : Valeurs de K1

Valeur de K₁ : La valeur de k₁ est en fonction de l'environnement. Environnement	E1	E2	E3
K₁	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau II.4 : Valeurs de K2

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.5. Valeurs de C_{th}.

Dégagement Latéral ou accotement	Capacité théorique des routes en UVP /heure (1)								
	2 voies				3 voies		4 voies		2 chaussées Autoroute
	4m	5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
> 1.80 m	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 (4500)	3400 (5100)	1800 (5400)
1.20 m	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 (4400)	3000 (5000)	1750 (5300)
0.6 m	x	1100	1350	1700	2200	2700	2900 (4300)	3200 (4800)	1700 (5100)
00.0 m	x	x	1200	1500	2000	2400	2650 (4000)	3000 (4500)	1500 (4500)

(1) Sans bande d'arrêt (revêtu)

(2) Par sens, Chiffres entre parenthèse :capacité 2 sens réunis (déséquilibre 2/3 -1/3)

(3) Par voie,(pour une voie de 3,50m).entre parenthèse :capacité 2sens réunis pour une route 2x2 voies (déséquilibre 2/3-1/3).

(X) Non applicable ;circulation très perturbée en cas de circulation de poids lourds.

5.5. Calcul du nombre de voies :

a. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q_{adm} \leq Q$$

b. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$N = (s. Q) / Q_{adm}.$$

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie.

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

-Catégorie et environnement de la route :

- Catégorie de la route :

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes. Chaque catégorie, vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

En Algérie, les routes sont classées en cinq catégories :

La catégorie C1 : liaison entre deux grands centres économique et des centres d'industrie lourde.

La catégorie C2 : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.

La catégorie C3 : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.

La catégorie C4 : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.

La catégorie C5 : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes.

- Environnement de la route :

Trois classes d'environnements (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le guide B40 du ministère des travaux publics. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre.
- La sinuosité.

Tableau II.6. Environnement de la route

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

II-6) APPLICATION AU PROJET :

6.1 Les données :

- Le trafic à l'année 2023 $TJMA_{2023} = 6830$ v/j/s. (tableau II.1)
- Catégorie des routes : C1.
- Environnement : E2.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80$ km/h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 19\%$.
- L'année de mise en service sera en 2025.
- La durée de vie estimée de 10 ans.
- $K1=0,85$ et $k2=0,99$.

6.2 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2025)

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

Avec :

TJMA_h : trafic à l'horizon (année de mise en service 2025).

TJMA₀ : trafic à l'année zéro (origine 2023).

- $TJMA_{2025} = TJMA_{2023} \times (1+\tau)^n$.

$$TJMA_{2025} = 6830 \times (1 + 0,04)^2.$$

$$TJMA_{2025} = 7387 \text{ v/j.}$$

-Trafic à l'année (2035) pour une durée de vie de 10 Ans.

$$TJMA_{2035} = TJMA_{2025} \times (1+\tau)^{10}.$$

$$= 7387 \times (1+0.04)^{10}.$$

$$TJMA_{2035} = 10935 \text{ v/j.}$$

6.3 Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}2035} = [(1-Z) + (P \times Z)] \times TJMA_{2035}.$$

Avec : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds, Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E2 on a **P=6**

$$= [(1-0.19) + (6 \times 0.19)] \times 10935.$$

$$T_{\text{eff}2035} = 21323 \text{ uvp/h.}$$

6.4 Débit de pointe horaire normale :

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

Avec : **1/n** : coefficient de pointe horaire pris est égal à 0,12.

$$Q = 0.12 \times 21323.$$

$$Q = 2559 \text{ uvp/h/sens.}$$

6.5 Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

K1 : Coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E2.

K2 : Coefficient correcteur pris égal à 0,99 pour environnement (E2) et catégorie (C1).

C_{th} : capacité théorique.

Prenons le cas du choix calcul avec la chaussée existante :

-Largeur de chaussée de 7m ; - accotement de 1,8 m.

Selon le tableau B40 on trouve :

$$C_{th} = 1800.$$

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800.$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ uvp/h/ sens.}$$

6.6 Le nombre des voies :

$$N = S \times (Q/Q_{adm}).$$

$$\text{Avec : } S = 2/3.$$

$$N = (2/3) \times (2559 / 1515).$$

$$N = 1,13 \approx 2 \text{ voies / sens.}$$

- $Q_{calcul} = Q / (K1.K2) = 2559 / (0,85 \times 0,99) = 3040 \text{ (uvp/h).}$

D'après le tableau de B40 pour $Q_{calc} = 3040$ on doit adopter une route 4 voies à chaussées séparées 2 x 2 avec $c_{th} = 3200 \text{ (uvp/h)}$ (pour les deux sens).

Si on se réfère à l'enjeu économique et le développement des wilayas environnantes alors le choix se portera sur 2x2 voies avec un séparateur.

6.7 Calcul de l'année de saturation de 2x2 :

- $T_{eff\ 2025} = [(1 - z) + (p \times z)] \times TJMA_{2025}.$
 $= [(1 - 0,19) + (6 \times 0,19)] \times 7387.$

$$T_{eff\ 2025} = 14405 \text{ uvp/j.}$$

- $Q_{2025} = 0,12 \times T_{eff\ 2025} .$

$$Q_{2025} = 0,12 \times 14405.$$

$$Q_{2025} = 1729 \text{ uvp/h.}$$

- $Q_{saturation} = 4 \times Q .$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1729.$$

$$Q_{\text{saturation}} = 6916 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{2025} \quad \Rightarrow \quad n = \ln(Q_{\text{saturation}} / Q_{2025}) / \ln(1 + \tau).$$

$$n = \ln(6916 / 1729) / \ln(1 + 0.04).$$

$$n = 35 \text{ans.}$$

D'où notre route sera saturée 35 ans après la mise en service donc l'année de saturation Est : 2060 Année.

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

Tableau II.7. Résultats de calcul de capacité

TMJA ₂₀₂₃	TMJA ₂₀₂₅	TMJA ₂₀₃₃	T _{Eff}	Q	n
v/j	v/j	v/j	uvp/j	uvp/h	
6830	7387	10935	21323	2559	2

7. CONCLUSION :

En vue des résultats obtenus, conformément aux normes du B40 (règlement en vigueur en Algérie), la conception proposée est :

- Chaussée bidirectionnelle (2x2) voies de 7m.
- Accotement de 1,8 m de chaque côté.
- TPC de 1 m .

CHAPITRE III :
DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE
CHAUSSEE

III.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 réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

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

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

III.2. Chaussée :**2-1. Définition :**

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

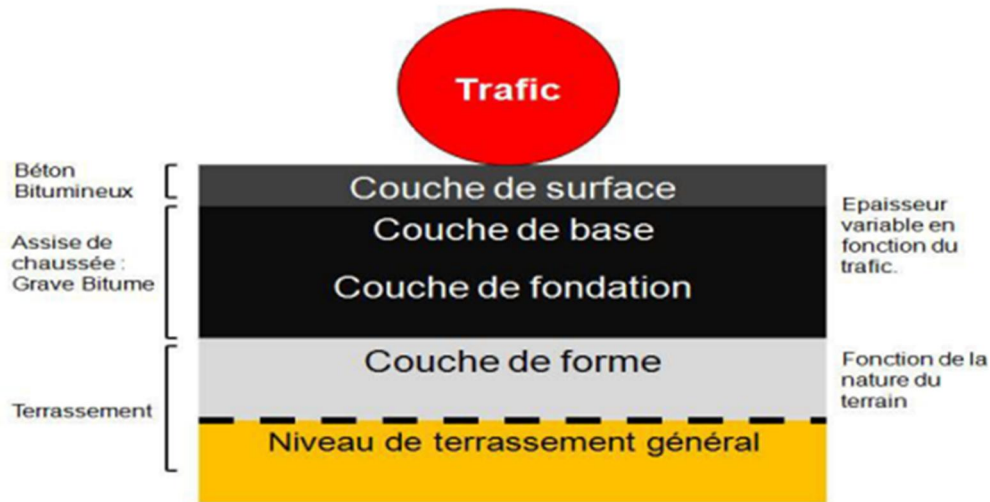


Figure III.1 : Structure de la chaussée sous trafic

2-2. Les différentes couches de chaussée :

a-Couche de surface :

Cette couche est en contact direct avec le pneumatique des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par circulation.

b- Couche de base :

La couche de base a pour rôle essentiel de reprendre les efforts verticaux de répartir les contraintes normales qui résultent sur les couches sous-jacentes.

c- Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d- Couche de forme :

Cette couche qui ne fait pas partie intégrante de la chaussée, a plusieurs fonctions :

- Pendant les travaux, elle protège le sol support, contribue au nivellement et permet la circulation des engins de chantier ;
- Elle permet de rendre plus homogènes les caractéristiques du sol terrassé et de protéger ce dernier du gel.

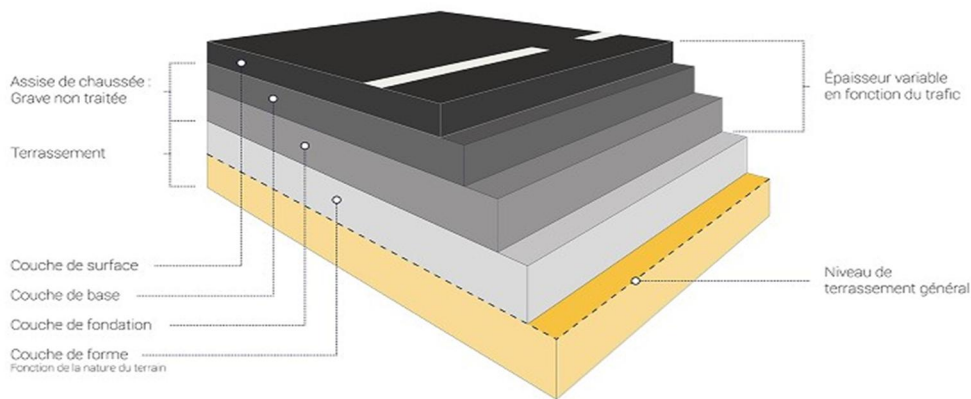
III.3. Différents types des chaussées :

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

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

• **Chaussée souple :**

C'est une structure de chaussées dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées au liant hydrocarboné.



Chaussée souple

Figure III.2 : Chaussée souple

• **Chaussée semi-rigide :**

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base ou deux couches (base et fondation)).

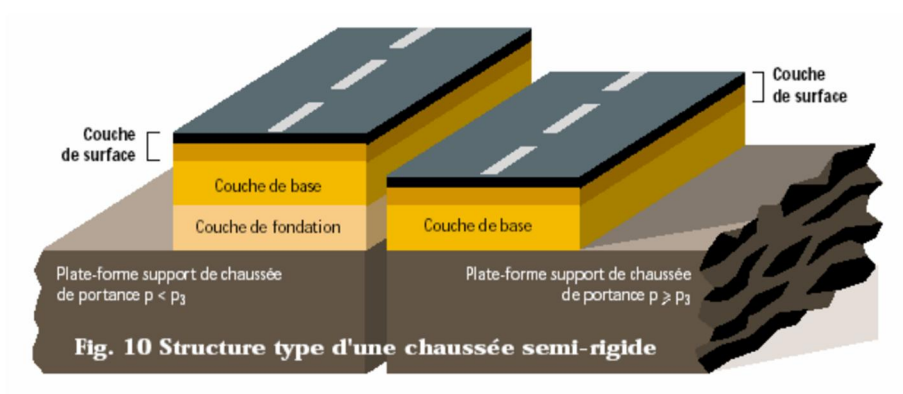


Figure III.3 : Chaussée semi-rigide

- **Chaussée rigide** : Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide.

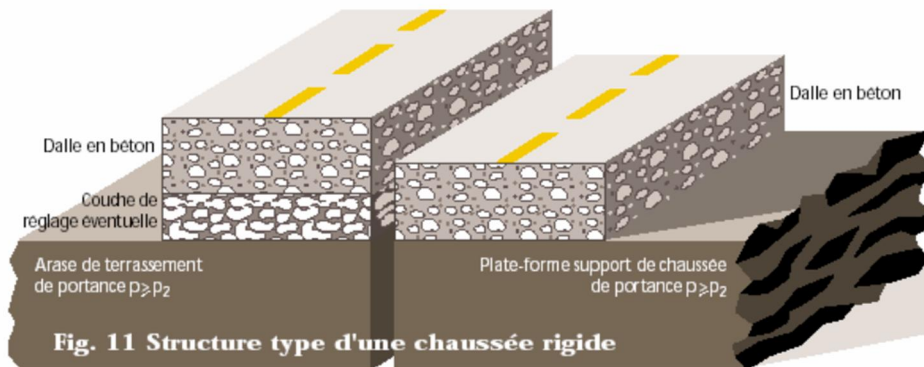


Figure III.4 : Chaussée rigide

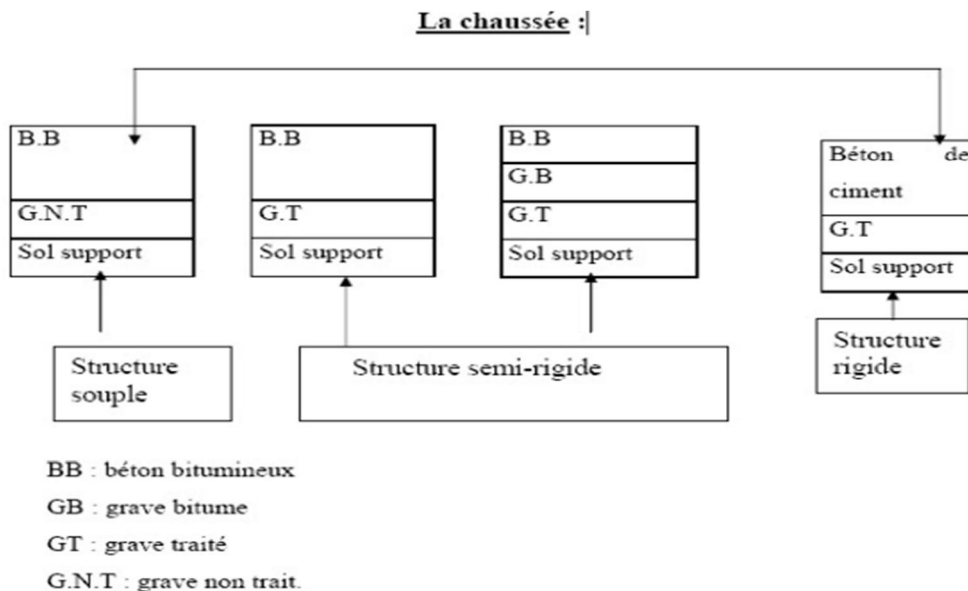


Figure III.5: Les différents types de chaussée

III.4. Facteurs déterminants pour le dimensionnement de chaussées :

- **Trafic** : La connaissance du trafic, principalement des poids lourds (inclut toutes les charges utiles supérieures ou égales à égal à 5 tonnes), constitue l'un des éléments de base pour un bon dimensionnement des structures de chaussées. Ce trafic est généralement représenté par deux paramètres :
 - TJMA à la mise en service, permet de sélectionner le matériel nécessaire de construction de route.

- Nombre cumulé d'axes de référence traversant la chaussée tout au long de la chaussée. La durée de vie est utilisée pour les calculs de taille réelle.

- **Climat et environnement** : ils ont une influence considérable sur les bonnes performances des chaussées en termes de résistance aux contraintes et à la déformation. La sélection du liant bitumineux implique l'amplitude du changement de température et la température maximale. Les précipitations en relation avec les conditions de drainage déterminent la teneur en eau du sol support et donc sa capacité portante et la possibilité de réutiliser les déblais comme remblais.
- **Sol support** : est généralement classé en fonction de sa capacité portante, elle-même fonction de l'indice CBR. En principe, cette dernière est mesurée à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support. Si le dernier facteur n'est pas connu, on prend la teneur en eau comme paramètre égal à la limite de plasticité et de densité sèche est égale à 95% de la densité OPM.
- ❖ **Matériaux** : doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL.

III.5. Les principales méthodes de dimensionnement :

5-1- Méthode CBR (California – Bearing – Ratio) :

Il s'agit d'une méthode semi-empirique basée sur des tests d'emboutissage d'échantillons.

En compactant l'échantillon de (90 % à 100 %) de la valeur optimale Proctor modifiée, l'épaisseur est d'au moins 15 cm.

Le CBR final retenu est la valeur la plus basse obtenue après trempage pour cet échantillon.

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

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} \left(75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{cbr} + 5}$$

Avec : **e** : épaisseur équivalente

I : indice CBR (sol support)

N : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

Avec $a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où : a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

❖ **Coefficient d'équivalence :**

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

Tab III .1 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton Bitumineux	2,00
Grave-Ciment, Grave-Laitier	1,5
Grave concassée	1,00
Grave sableuse(TVO)	0,75
Sable	0,50
Grave Bitume	1,60 à 1,70
Tuf	0,60
Sable-Ciment	1,20
Sable-Laitier	1,3

5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

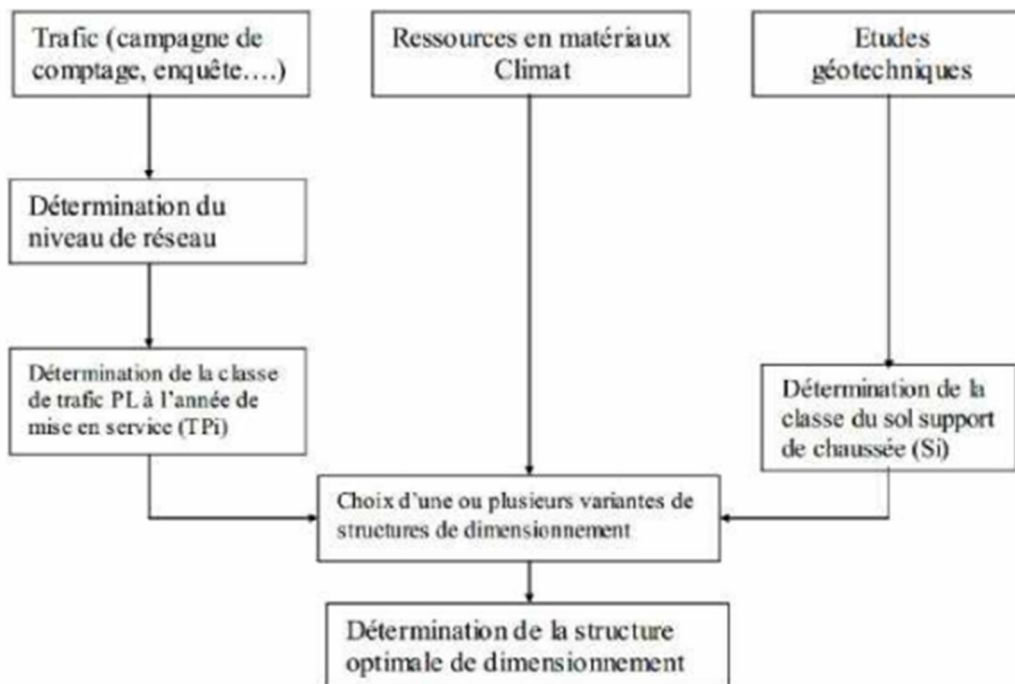


Figure III.6. La démarche du catalogue.(fascicule 1)

III.6- Amélioration de la portance à long terme du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol-support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches et la nature du matériel utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF. les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Tab III .2 : Amélioration de la portance du sol support.

Portance du sol	Matériaux de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
<S ₄	Non traité	50 cm (2couches)	S ₃
S ₄	Non traité	35 cm	S ₃
S ₄	Non traité	60 cm (2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40 cm (2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	70 cm (2couches)	S ₁

III.7- Les données climatiques :

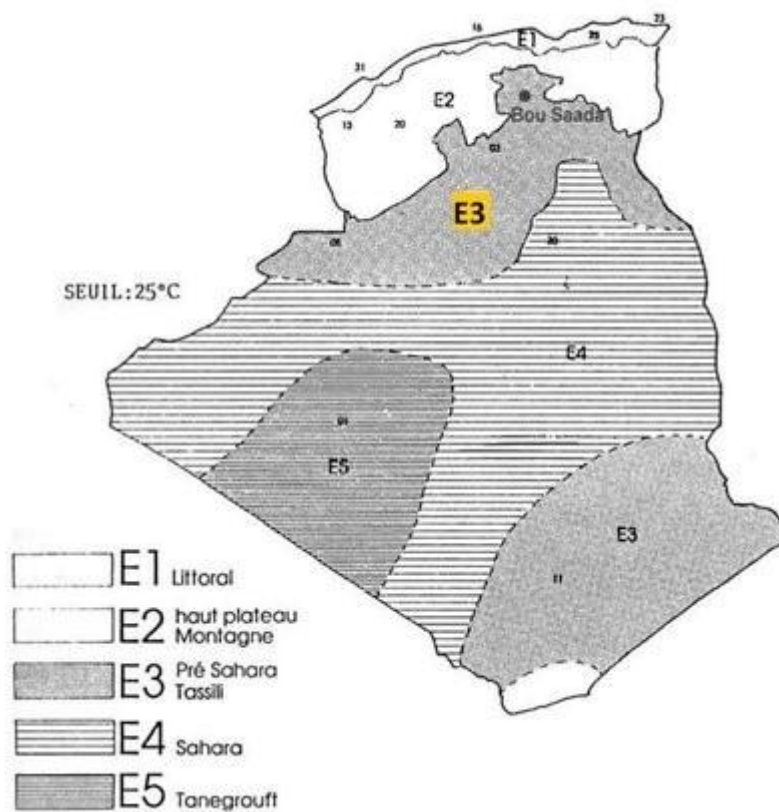


Figure III.7 : Zones climatiques d'été et d'hiver en Algérie (Source : Ould Henia 2003)

Tab III .3. : Zone climatique (fascicule1)

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

III.8. Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée nous utiliserons deux méthodes qui sont : La méthode C.B.R et la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

-Les données du projet :

- Mise en service : 2025.
- $TJMA_{2025} = 7387$ v/j.
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : $\tau = 4$ %
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 19$ %.
- $I_{CBR} = 3,36$.

- On a $I_{CBR} = 3,36$ ce sol est de classe **S4**, pour passer au sol de bonne portance (**S2**) on ajoute une couche de forme d'épaisseur sera calculée ultérieurement). Alors on suppose que la nouvelle portance est de $I_{CBR} = 10$.

8-1- Méthode de CBR :

-Détermination de NPL_{2045} :

$$TJMA_{2045} = TJMA_{2025} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$= 7387 \times (1 + 0.04)^{20}.$$

$$TJMA_{2045} = 16186 \text{ v/j.}$$

$$N_{pl2045} = TJMA_{2045} \times Z.$$

$$= 16186 \times 0,19.$$

$$N_{pl2045} = 3075 \text{ PL/j/sens.}$$

- **Le choix de la valeur de l'indice CBR :**

L'indice CBR que nous allons utiliser est celui correspondant à 98 % de compacité.

On prendre : $ICBR = 3,36$; car il est praticable dans le chantier, pour cela il faut faire une couche de forme.

Les coefficients d'équivalence ont été déterminés pour chaque type de matériau

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

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

a) E équivalent pour CBR 3,36 :

$$e_{q1} = \frac{100 + \sqrt{6,5} (75 + 50 \log \frac{3075}{10})}{3,36 + 5}$$

$$e = 73 \text{ cm.}$$

b) Notre sol est de classe S4 on veut l'améliorer en classe S2, on ajoute 60cm de Tuf pour atteindre un $ICBR=10$. (Tab III .2).

$$e_{q2} = \frac{100 + \sqrt{6,5} (75 + 50 \log \frac{3075}{10})}{10 + 5}$$

$$e_{q2} = 41 \text{ cm.}$$

Alors, l'épaisseur total du corps chaussée est :41 cm.

-L'épaisseur équivalente :

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

$$a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = e_{\text{Tot}}$$

-Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3^{ème}.

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 \text{ cm}$.
- Couche de base en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 1.50 \times 10 \text{ cm}$.

On propose : $e_1 = 6 \text{ cm}$ en Béton Bitumineux BB.

$e_2 = 10 \text{ cm}$ en Grave Bitume GB.

Et on calcule e_3 : couche en Grave Non Traité GNT et en GB.

$$e_3 = [41 - (2 \times 6 + 1,5 \times 10)] \div 1 = 14 \text{ cm} \text{ pour GC} \rightarrow \text{coefficient d'équivalence} = 1$$

$$\text{ou } e_3 = [41 - (2 \times 6 + 1,5 \times 10)] \div 1.5 = 9 \text{ cm} \text{ POUR GB} \rightarrow \text{coefficient d'équivalence} = 1.5$$

-Alors la 1^{ere} structure comporte : **6BB+10GB+14GC.**

La 2^{eme} structure comporte : **6BB+10GB+9GB.**

-Je propose la **1^{ere} structure** car elle est plus économique.

❖ L'épaisseur de la couche e forme $e_{q1} - e_{q2} = 73 - 41 = 32 \text{ cm}$ en GNT ($a=1$).

Pour notre cas je propose utilise couche de fourme en tout venant de carrière (TUF).

Coefficient d'équivalence de TUF = 0.60.

$$\frac{Eq1 - Eq2}{0,60} = 53,33 \text{ cm} = 54 \text{ cm}.$$

Epaisseur réelle

6cm-BB

10cm-GB

14cm-GC

54cm-TUF

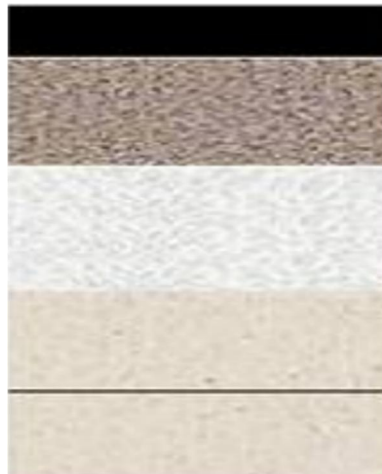


Figure III.8: Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR.

8.2. LA METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Tab III .4 : Classification des réseaux principale

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

$TJMA_{2025}=7387 \text{ v/j} > 1500\text{v/j}$ donc le réseau principal est **RP1**.

8-2-1 - Classe du trafic :

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

$$TJMA_{2025}= 7387 \text{ v/j.}$$

$$NPL_{2025}=TJMA_{2025} \times Z.$$

$$= 7387 \times 0.19.$$

$NPL_{2025} = 1404 \text{ PL/j/sens.}$

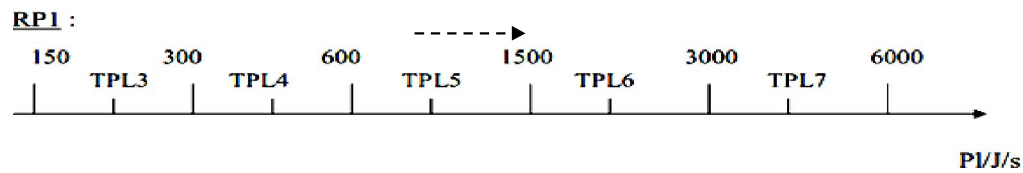


Figure III.9 : La classe de trafic.

- $600 < NPL_{2025} = 1404 \text{ PL/j/sens} < 1500$ Donc la classe de trafic est **TPL5**.

8.2. 2.Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

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.

Tab III .5. Classes de portance de sol-support.

Classe de sol	Indice CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

8.2.3. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot I_{CBR}.$$

$$= 5 \times 10$$

$$E = 50 \text{ MPa.}$$

Tab III .6. Classe de sol-support (fascicule N° 2).

Classes de portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
Modules (MPa)	15	25	50	125	200

Donc la classe de sol-support est **S2**.

❖ **Détermination de la zone climatique :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique **I**.

❖ **Choix des différentes couches constituant de la chaussée :**

➤ **Proposition de la structure :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation GNT.

➤ **Choix de dimensionnement :**

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement moyen (**4%**), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL5**).

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

Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000 TPL7				
3000 TPL6				
1500 TPL5		6 BB 20 GB 30 GNT	6 BB 14 GB 30 GNT	6 BB 12 GB 30 GNT
600 TPL4		6 BB 15 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 20 GNT
300 TPL3		6 BB 15 GB 30 GNT	6 BB 10 GB 25 GNT	6 BB 10 GB 15 GNT

Si : Classe de sol support, TPLi : Classe de trafic PL/jour/sens
 BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitame (0/20), GNT : Grave non traitée
 Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15), GNT : (min = 15, max = 25)

Figure III.10: Structures de chaussées pour différents classes de trafic. (fascicule N° 3).

On peut choisir le nouveau corps de chaussée suivant :

$$6(\text{BB}) + 20(\text{GB}) + 30(\text{GNT}) + 60(\text{TUF})$$

On adopte la structure déterminée par la méthode catalogue

8-3- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{T,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$.

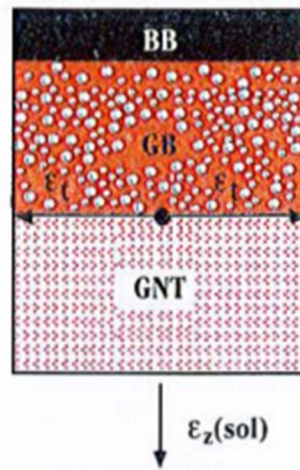


Figure III.11. Mode de fonctionnement de la structure.

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

❖ **Calcule de la déformation admissible sur le sol support :**

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

- Le trafic cumulé de poids lourd (TC_i) :

$$TC_i = NPL \times 365 \times \frac{(1+\tau)^{20} - 1}{\tau}$$

$$TC_i = 1404 \times 365 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04}$$

$$TC_i = 15,26 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

- Le trafic cumulé équivalent (TCE_i) :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal RPi.

Tab III .7. Valeur de coefficient d’agressivité A (fascicule N° 2).

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC,GB/Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, B Cg / GC	1

D’après le tableau de «catalogue du dimensionnement algérien» le coefficient **A=0.6** Donc :

$$TCE_i = 0,6 \times 15,26 \times 10^6$$

$$TCE_i = 9,2 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

- Le risque de calcul :

D’après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **10%**.

Tab III .8. Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2).

	CLASSE DE TRAFIC	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RISQUE (R%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

❖ Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z \text{ adm}}$:

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = 22 \times 10^{-3} \times (9,2 \times 10^6)^{-0,235}$$

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = 508 \times 10^{-6}$$

❖ calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t, \text{ adm}}$:

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

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c.$$

Avec :

- $\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: Déformation limite détenue au bout de 10^{-6} cycles avec une probabilité de rupture de 50 % à 10°C et 25Hz.

- $\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$ (Tab III .9).

Tab III .9. Performances mécanique des matériaux bitumineux (fascicule 2).

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	$\varepsilon_6(10^\circ, 25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

- **Kne** : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, avec :

$$K_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b$$

-**b** : Pente de la droite de fatigue ($b < 0$), (d'après Tab III .9).

$$-\frac{1}{b} = 6,84 \Rightarrow b = -0,146.$$

$$K_{ne} = (9,2 \times 10^6 / 10^6)^{-0,146}$$

$$K_{ne} = 0,723.$$

-**K θ** : Facteur lié à la température, avec :

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

-**E (10° ,10HZ)** : Module complexe du matériau bitumineux à 10° , égal 12500 MPa.

-**E (θ_{eq} ,10HZ)** : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée (Zone I), égal à 7000 MPa a température 20° .

$$K\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$$

Kθ=1,336.

-**Kr** : Facteur lié au risque et aux dispersions, avec :

$$K_r = 10^{-t \cdot b \cdot \delta}$$

-**b** : Pente de la droite de fatigue (b < 0), b = - 0.146 .

-**t** : Facteur de la loi normale, qui est fonction du risque adopté r % (Tab III .8).

On a : TPL₅ => **r = 10%**.

D'après le Tableau III.10 → t=-1,282.

Tab III .10. Valeur de t=f(R%) (Fascicule 2).

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

-**δ** : fonction de dispersion, avec :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \frac{c}{b} Sh^2}$$

Avec : -SN : dispersion sur la loi de fatigue égal 0.45 (Tab III .9).

-C : coefficient égal à 0.02.

- Sh : dispersion sur les épaisseurs en (cm) égal 3 cm (Tab III .9).

$$\delta = \sqrt{(0,45)^2 + \frac{0,02}{-0,146} \times 3}$$

δ =0,609.

Donc :

$$K_r = 10^{1,282 \times -0,146 \times 0,609}$$

Kr = 0,769.

-Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussée (Tab III .9) :

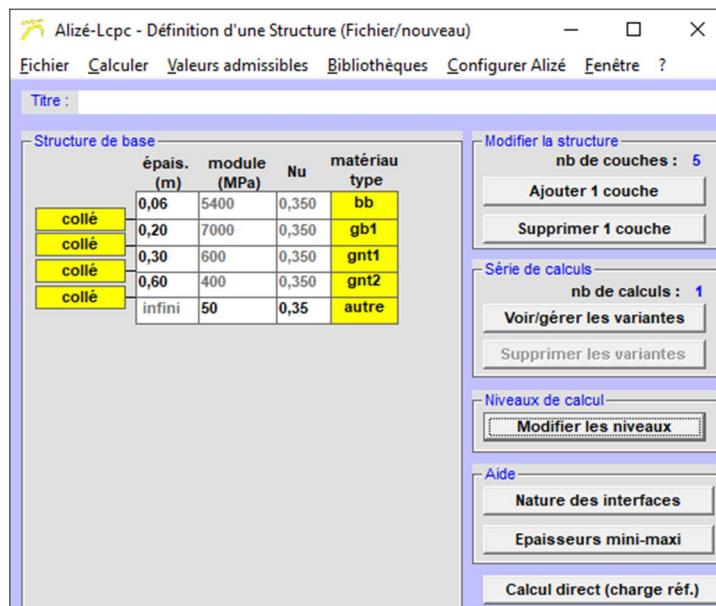
Kc= 1,3.

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6(10^{\circ}c, 25Hz) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c.$$

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0,723 \times 1,336 \times 0,769 \times 1,3.$$

$$\epsilon_{t,ad} = 96,56 \times 10^{-6}.$$

❖ **Vérification des résultats de calcul par Alize III :**



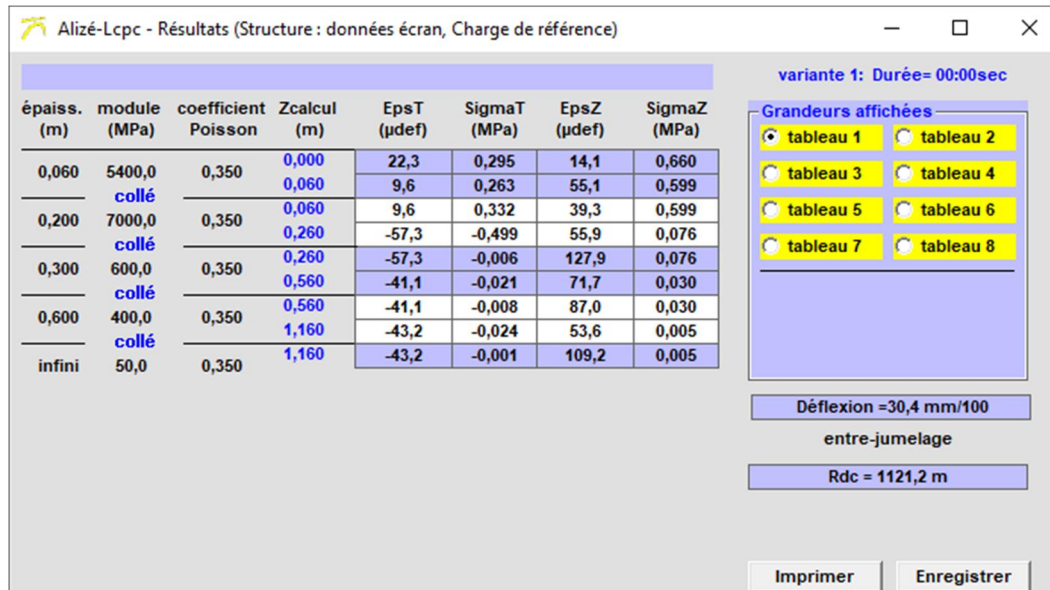


Figure III.12: Résultats de calcul par alize III.

Tab III .11 : Comparaison des déformations admissibles.

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\epsilon_t,adm=96,56 \times 10^{-6}$	$E_t=57,3$
$\epsilon_z,adm=508 \times 10^{-6}$	$E_z=109,2$

La comparaison :

$\epsilon_t = 57,3 \times 10^{-6} < 96,56 \times 10^{-6}$ Donc : condition vérifiée.

$\epsilon_z = 109,2 \times 10^{-6} < 508 \times 10^{-6}$ Donc : condition vérifiée.

III.9- Conclusion :

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

6(BB) + 20(GB) + 30(GNT) + 60(TUF).

CHAPITRE IV :
CARASTIRISTIQUES
Géométriques DU
PROJET

❖ Généralité :

L'étude géométrique du tracé de la route a pour but d'obtenir un tracé confortable pour le déplacement des véhicules. Il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner au tracé. Lors de l'élaboration de tout projet routier il est nécessaire de commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie Géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

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

IV -1) TRACE EN PLAN :**1-1) Définition :**

Le tracé en plan est la projection verticale sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droite, d'arcs de cercle et de courbe de raccordement. La combinaison de ces éléments, en coordination avec le profil en long, vise à garantir de bonnes Conditions de sécurité et de confort, et qui sont donnée directement par les règles de dimensionnement du tracé en plan.

1-2) Les Règles à Respecter Pour le Tracé en Plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation.

Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.

-
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques. si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
 - Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques. (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres).
 - Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
 - Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal.
 - Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique.
 - Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

1-3) Vitesse de référence (de base) :

La vitesse de projet V_r est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales. On entend par conditions normales :

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace ;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible ;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

1-4). Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

1-5) LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

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

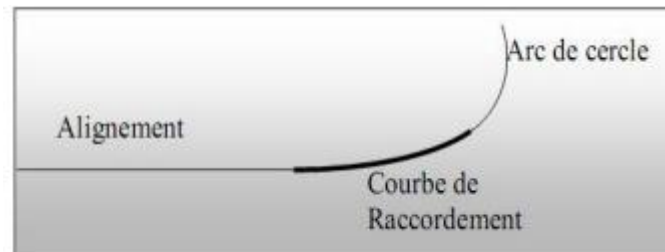


Figure IV.1 : Les éléments géométriques du tracé en plan.

- Des droites (alignement) ;
- Des arcs de cercle ;
- Des courbes de raccordement progressives.

5-1) Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficultés de conduite.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

Il existe toutefois des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignement se justifie, par exemple :

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans les vallées étroites et rectilignes
- Le long de constructions existantes (voies ferrées, cours d'eaux, canaux).
- En zone urbaine.

La longueur des alignements dépend de :

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

❖ **Règles concernant la longueur des alignements :**

La longueur des alignements dépend de :

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

a. La longueur minimale :

Celle correspondant à un chemin parcourue durant un temps $t=5\text{sec}$ a la vitesse de référence.

-Pour $V_r=60\text{km/h}$:

$$L_{\min}=5 \times \frac{V_r}{3,6}$$

$$= 5 \times \frac{60}{3,6} = 83,33\text{m.}$$

-Pour $V_r=80\text{km/h}$:

$$L_{\min}= 111,11\text{m.}$$

V_r : vitesse de référence en km/h,

L_{\min} : en m.

b. La longueur maximale :

Celle correspondant à un chemin parcourue durant un temps $t=1\text{min}$ a la vitesse de base.

-Pour $V_r=60\text{km/h}$:

$$L_{\max}= 60 \times \frac{V_b}{3,6}$$

$$= 60 \times \frac{60}{3,6} = 1000\text{m.}$$

-Pour $V_r=80\text{km/h}$:

$$L_{\max}=1333,33\text{m.}$$

Avec : V_b : vitesse de référence en km/h.

L_{\max} : en m.

5-2) Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

○ Stabilité en courbe :

Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

- Les rayons en plans dépendant.
- Force centrifuge F_c .
- Poids de véhicule P .
- Accélération de la pesanteur.
- Devers d .

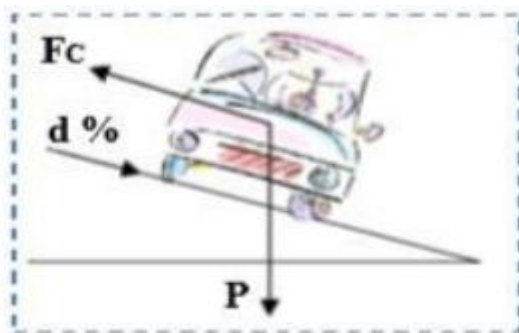


Figure IV.2 : Force centrifuge.

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

a- Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal :

$$RHM = \frac{Vr^2}{127(f_t+d_{max})}$$

Ainsi pour chaque Vr on définit une série de couple (R, d).

✚ Vr : vitesse de référence du véhicule.(m/s)

✚ dmax : dévers maximal.

✚ ft : Coefficient de frottement transversal.

Les valeurs des dévers min et max sont données par le tableau ci-dessous(SelonB40)

Tab. IV.1 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E.

Catégories des routes	dévers	Environnement		
		E 1	E 2	E 3
1 et 2	Min	2,5 %	2,5 %	2,5 %
	Max	7%	7%	7%
3 et 4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	8%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes :

Tab. IV.2 : Coefficient de frottement en fonction de Vr et Cat.

Catégorie	Vitesse en Km/h					
	Coeff.de frottement	120	100	80	60	40
1-2	Transversal ft	0,1	0,11	0,13	0,16	0,20

3-4-5	Transversal ft	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22
-------	----------------	------	-------	------	------	------

b- Rayon minimal normal (RHn) :

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de rouler en sécurité.

$$RH_n = \frac{(Vr+20)^2}{127(f_t+(dmax-i))}$$

d = dmax - 0.02 pour cat (1.2.3.4).

c- Rayon au dévers minimal (RHd) :

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

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

Dévers associé dmin = 2.5% en cat 1 – 2.

dmin = 3% en cat 3 – 4.

d- Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse Vr une courbe de devers égal

à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Pour la catégorie 1-2 :

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times 0.035}$$

Pour la catégorie 3-4-5 :

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127(f' + dmax)}$$

avec f'=0.07 catégorie 3.

f' = 0.075 catégorie 4-5.

-Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- ✓ Il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} , on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à R_{Hn} .
- ✓ Les rayons compris entre R_{Hm} et R_{Hd} sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

Si $R_{Hm} < R < R_{Hn}$:

$$d = d_{\max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hm}} \right) \frac{d_{\max} - d_{R_{Hn}}}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

Si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$:

$$d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) \frac{d_{\min} - d_{R_{Hn}}}{\frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{Hnd} sont en dévers minimal d_{\min} .

- ✓ Les rayons supérieurs à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- ✓ Un rayon R_{Hm} doit être encadré par des R_{Hn} .

- **Visibilité en courbe :**

Les courbes de la route peuvent être masquées par des pentes coupées, des bâtiments ou des forêts sur le côté inférieur de la courbe. Pour garantir au conducteur du véhicule une bonne visibilité, Le remblai doit être reculé ou dégagé des obstacles d'une certaine largeur. Au lieu de cela, une autre option cela inclut l'augmentation du rayon de braquage jusqu'à ce que la visibilité soit maintenue.

- **Sur largeur :**

Les véhicules très longs doivent calculer une largeur supplémentaire pour éviter cette partie du véhicule des corps ont empiété sur la route adjacente. Nous travaillons sur les routes où circulent les voitures largeur supplémentaire par rapport à la largeur normale pour augmenter la sécurité et éviter tout contact avec des objets Par la circulation en sens Inverse. Ce problème

se produit sur les petites courbes de rayon généralement inférieure à 200 m, la largeur supplémentaire se déplace toujours vers l'intérieur courbe.

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

L : longueur de véhicule (valeur moyen L=10m).

R : rayon de l'axe de la route.

5-3) Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE »:

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

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

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

a) Expression de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle a la longueur curviligne L.

$$K = C \times L$$

$$\text{On pose : } K = \frac{1}{R} \rightarrow L.R = \frac{1}{C} \rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

$$\text{On pose : } A^2 = \frac{1}{C} \rightarrow A^2 = L \times R \rightarrow A = \sqrt{LR}.$$

b) Les éléments de la clothoïde :

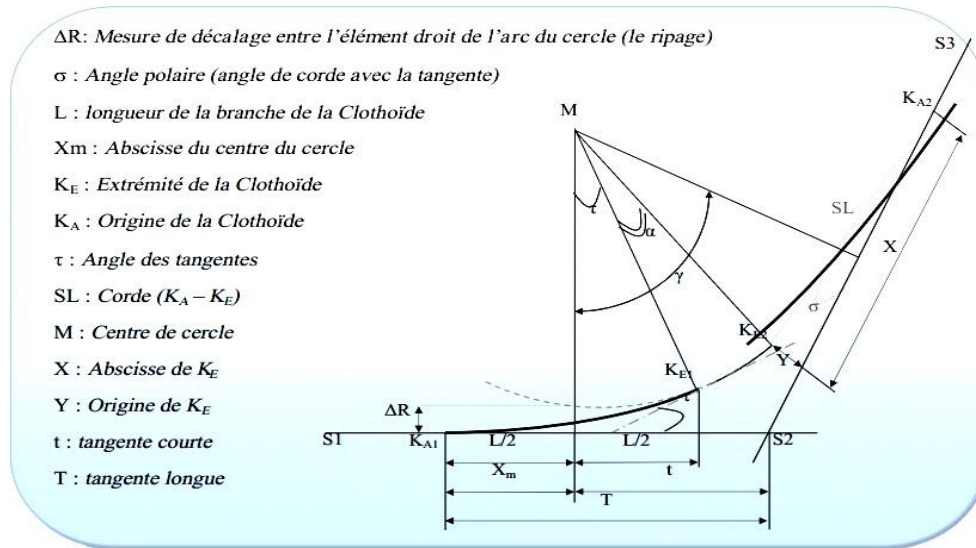


Figure IV.3 : Les éléments de la clothoïde.

c) Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

✓ **Condition de confort optique :**

C'est une condition permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads .}$$

$$\tau = A^2 / 2R^2 = L/2R > 1/18 \text{ rad} \quad \rightarrow \quad L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Règle générale (B40) :

- Pour $R < 1000\text{m}$ $\rightarrow \Delta R = 1 \text{ m à } 1.75 \text{ m}$

- Pour $1000 \text{ m} < R < 2000 \text{ m}$ → $\Delta R = 1 \text{ m}$ à 1.75 m .
- Pour $2000 \text{ m} < R < 5000 \text{ m}$ → $\Delta R = 1.75 \text{ m}$ à 2.5 m
- Pour $R > 5000 \text{ m}$ → $\Delta R = 2.5 \text{ m}$

✓ **Condition de confort dynamique :**

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

$$L < \frac{Vr}{18} \left(\frac{Vr^2}{127 \times R} - \Delta d \right)$$

- **V_B**: vitesse de base (km/h).
- **R** : le rayon en (m).
- **Δd** : variation de dévers. ($\Delta d = d \text{ final} - d \text{ initia}$) (%).

✓ **Condition de gauchissement :**

Cette condition dépend aux soucis de ne pas empreindre un mouvement brutal de balancement et de véhicule reposant sur un plan incliné par fois à 2 % dans un sens et que se trouve ensuite sur un plan incliné pouvant atteindre 16 % dans l'autre sens.

$$L = l \cdot \Delta d \cdot \frac{Vr}{50}$$

- **L** : longueur de raccordement (m) .
- **l** : largeur de la chaussée (m). Pour notre cas : $l = 7 \text{ m}$. $L = \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot Vr$.
- **Δd** : variation de dévers. (%).

Et finalement on prend la longueur de Clothoïde : $L_{\max} = [L_1, L_2, L_3]$

Il faut vérifier les conditions suivantes :

$$A^2 = L \times R.$$

$$\text{calcul de ripage : } \Delta R = L^2 / 24 R \text{ (m).}$$

$$\text{Vérification de non chevauchement : } \tau = \gamma / 2 \text{ (grad).}$$

1-6) Combinaison des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite .

-6-1) Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

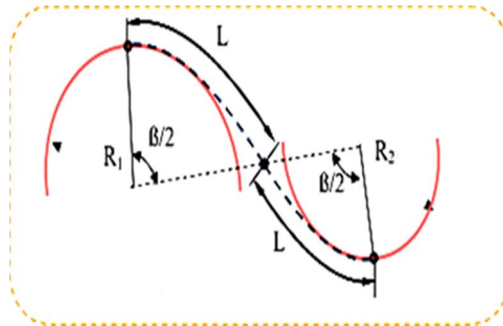


Figure IV.4 : Courbe en S.

-6-2) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements

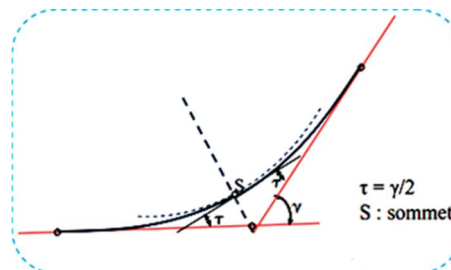


Figure IV.5 : Courbe à sommet.

-6-3) Courbe en C :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

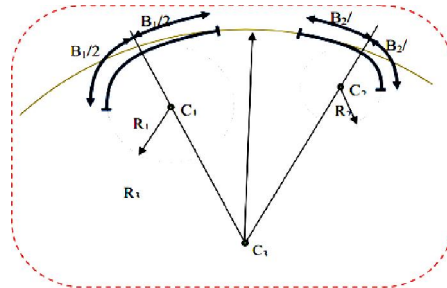


Figure IV.6: Courbe en C.

-6-4) Courbe en ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

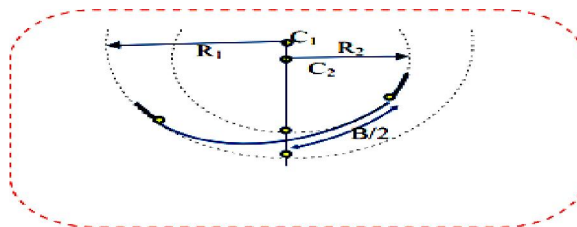


Figure IV.7 : Courbe en Ovale.

1-7) Paramètres de fondamentaux :

Les paramètres fondamentaux pour déterminer les caractéristiques géométriques minimales admissibles de notre projet de niveau de service ($C1$, $E2$ et $Vr=80\text{km/h}$ / $Vr=60\text{km/h}$), sont donc récapitulés par le tableau IV.3 .

Tab. IV.3 : Valeur des différents rayons donnés par B40

Paramètres	Symboles	Valeurs	
Vitesse (km/h)	Vr	60	80

Longueur minimale (m)	Lmin	83,33	111,11
Longueur maximale (m)	Lmax	1000	1333,33
Devers minimal (%)	dmin	2.5	2,5
Devers maximal (%)	dmax	7	7
Temps de perception réaction (s)	t	2	2
Frottement longitudinal	fL	0,42	0,39
Frottement transversal	ft	0.16	0,13
Paramètre d'accélération	f'	0,06	0,06
Rayon horizontale minimale absolu (7%) (m)	RHm	125	250
Rayon minimal normal (5%) (m)	RHn	250	450
Rayon au devers minimal (2.5%) (m)	RHd	550	1000
Rayon non déversé (-2.5%) (m)	RHnd	800	1400

1- 8-Calcul d'axe :

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

- Détermination de la longueur de clothoïde L ;
- Calcul du paramètre de clothoïde A ;
- Calcul des gisements G ;
- Calcul de l'angle compris entre les alignements ;

- Calcul de la tangente T ;
- Vérification de non- chevauchement ;
- Calcul de l'arc du cercle ;
- Calcul des coordonnées des points particuliers.

1-9) APPLICATION AU PROJET :

Vue lerelief difficile que traverse cette route et la largeur tres limité du levé topographique et pour respecter les exigence du B40, on a opté à limité la vitesse à 60km/h dans certains tronçons.

9-1 - Calcules Les Rayons :

$$V_r = 60 \text{ km/h.} \quad / \quad f_t = 0,16 \quad / \quad d_{\max} = 7\%. \quad / \quad d_{\min} = 2,5\%. \quad / \quad f' = 0,06$$

$$V_r = 80 \text{ km/h} \quad / \quad f_t = 0,13$$

- Les rayons en plan :

Pour $V_r = 60 \text{ km/h}$:

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{\max})} = \frac{60^2}{127(0,16 + 0,07)} = 123,24 \text{ m.}$$

- **Rayon minimal normal (RHn) :**

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max} - i)} = \frac{(60 + 20)^2}{127(0,16 + 0,05)} = 239,97 \text{ m.}$$

- **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}} = \frac{60^2}{127 \times 2 \times 0,025} = 566,92 \text{ m.}$$

- **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times 0,035} = \frac{60^2}{127 \times 0,035} = 809,89m.$$

-Pour Vr=80km/h :

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(ft + d_{max})} = \frac{80^2}{127(0,13 + 0,07)} = 251,96m.$$

- **Rayon minimal normal (RHn) :**

$$RHn = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + d_{max} - i)} = \frac{(80 + 20)^2}{127(0,13 + 0,05)} = 437,44m$$

- **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0,025} = 1007,87m.$$

- **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \times 0,035} = \frac{80^2}{127 \times 0,035} = 1439,82m.$$

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le B40.

Tab. IV.4 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.

	Rayon minimal absolu Rhm(m)		Rayon minimal normal Rhn(m)		Rayon au dévers minimal Rhd (m)		Rayon minimal déversé Rhnd(m)	
	Calculé	B40	calculé	B40	calculé	B40	calculé	B40
Vr=60 km/h	123,24	125	239,97	250	566,92	550	809,89	800
Vr=80km/h	251,96	250	437,44	450	1007,87	1000	1439,82	1400

9-2- Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en Plan:

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe au début de notre projet.

Les points du tracé en plan : (Courbe avec Clothoïde).

Tab. IV.5 : Coordonnées et rayon du sommet choisi.

Sommet	X(m)	Y(m)	R(m)	Vr (Km/h)
S1(x,y)	291778.59	4063493.25	252	80
S2(x,y)	291602.15	4064010.21		
S3(x,y)	291296.90	4064306.87		

✓ **Condition de confort optique :**

$$\pm R=252 < 1000 \rightarrow L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

on prendre $\Delta R = 1$.

Donc : $L1 \geq \sqrt{24 \times 252 \times 1} = 77,7 \text{ m} = 78\text{m}$.

✓ **Condition de confort dynamique :**

$$L \geq \frac{Vr^2}{18} \left(\frac{Vr^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \quad \Delta d = d - (-2,5 \%)$$

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHn}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}}$$

$$d = 0,07 + \left(\frac{1}{252} - \frac{1}{125} \right) \frac{0,07 - 0,05}{\frac{1}{125} - \frac{1}{450}} = 6,96\%$$

$$\Delta d = 6,96\% - (-2,5 \%) \Rightarrow \Delta d = 9,4\%$$

$$L \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{60^2}{127 \times 252} - 0,095 \right)$$

$$L2 \geq 37,68\text{m} = 38\text{m}$$

✓ **Condition de gauchissement :**

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot VR/50$$

$$L3 \geq (7 \times 9,5 \times 80)/50 = 105,28=105 \text{ m.}$$

$$Lr = \max (L1.L2.L3)$$

Donc $Lr = L3 = 105,28 \text{ m.}$ on adopte $lr=105\text{m.}$

- Calcul du paramètre A :

✚ Pour R=252m :

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

$$A = \sqrt{L \times R} = 162,66 \text{ m.}$$

On prend: **A=163 m.**

alors :

$$R/3 \leq A_{\min} \leq R$$

$$D'où : 84 \leq 163 \leq 252$$

✚ Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{105^2}{24 \times 252} = 1,8 = 2$$

9-3- Calcul des gisements:

$$\Delta x_{12} = x_{S2} - x_{S1} = 291602.15 - 291778.59 = -176,44\text{m.}$$

$$\Delta y_{12} = y_{S2} - y_{S1} = 4064010.21 - 4063493.25 = 516,96\text{m.}$$

$$G_{S1}^{S2} = 360 + \text{Arctg} \frac{|\Delta x_{12}|}{|\Delta y_{12}|} = \text{Arctg} \frac{|-176,44|}{|516,96|}$$

$$G_{S1}^{S2} = 341,155^\circ.$$

$$\Delta x_{23} = x_{S3} - x_{S2} = 291296.90 - 291602.15 = -305,25\text{m.}$$

$$\Delta y_{23} = y_{S3} - y_{S2} = 4064306.87 - 4064010.21 = 296,66 \text{ m.}$$

$$G_{S2}^{S3} = 360 + \text{Arctg} \frac{|\Delta x_{23}|}{|\Delta y_{23}|} = 360 + \text{Arctg} \frac{|-305,25|}{|296,66|}$$

$$G_{S2}^{S3} = 314,182^\circ.$$

9-4 - Calcul de l'angle compris entre les alignements :**- Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{L}{2.R} \times \frac{180}{\pi} = \frac{105}{2 \times 252} \times \frac{180}{\pi}$$

$$\tau = 11,93^\circ.$$

- Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = |341,155 - 314,182| = 26,973^\circ.$$

-Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 11,93^\circ.$$

$$\frac{Y}{2} = \frac{26,973}{2} = 13,4865^\circ.$$

$$\tau = 11,93^\circ < \frac{Y}{2} = 13,4865^\circ \rightarrow \text{non chevauchement.}$$

9-5-.Calcul des distances :

$$\overline{S_2S_1} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(-176,44)^2 + (516,240)^2} = 546,240\text{m.}$$

$$\overline{S_3S_2} = \sqrt{(\Delta X_{23}^2 + \Delta Y_{23}^2)} = \sqrt{(-305,25)^2 + (296,66)^2} = 425,657\text{m.}$$

9-6- Caractéristique de la courbe de raccordement :**- Calcule de l'abscisse du centre de la cloithoide :**

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = \frac{105}{2} = 52,5\text{m.}$$

- Abscisse de KE :

$$X = L \left(1 - \frac{L}{40 \times R^2} \right) = 105 \left(1 - \frac{105}{40 \times 225} \right)$$

$$X = 104,9\text{m} = 105 \text{ m.}$$

- Ordonnée de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{105^2}{6 \times 225}$$

$$Y = 8,1\text{m}=8\text{m}.$$

- Calcul de σ :

$$\sigma = \text{arctg} \frac{Y}{X} = \text{arctg} \frac{8}{105}$$

$$\sigma = 4,356^\circ.$$

- Calcul de l'arc:

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi \times R(\gamma - 2\tau)]}{180}$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi \times 252(26,973 - 2 \times 11,93)]}{180}$$

$$K_{E1}K_{E2} = 13,691\text{m}.$$

- Calcul de la tangente:

$$T = X_m + (R + \Delta R) \text{tg} (\gamma / 2)$$

$$T = 52,5 + (252 + 2) \text{tg} (13,4865)$$

$$T = 113,416\text{m}.$$

9-7- Calcul de la corde polaire à la clothoïde :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{105^2 + 8^2}$$

$$S_L = 105,304\text{m}.$$

9-8- Calcul des coordonnées des points particuliers:

$$K_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA1} = X_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \cos G_{S1}^{S2} \end{array} \right.$$

$$K_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KA1} = 291778,59 + (546,240 - 113,416) \times \sin (341,155) = 291638,783\text{m}. \\ Y_{KA1} = 4063493,25 + (546,240 - 113,155) \times \cos (341,155) = 4063903,119\text{m}. \end{array} \right.$$

$$\begin{cases}
 X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{S1}^{S2} + \sigma) \\
 Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{S1}^{S2} + \sigma)
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 X_{KE1} = 291638,783\text{m} + 105,30 \times \sin(341,155 + 4,356) = 291612,437\text{m}. \\
 Y_{KE1} = 4063903,119\text{m} + 105,30 \times \cos(341,155 + 4,356) = 4064005,070\text{m}.
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 X_{KA2} = X_{S2} + T \times \sin G_{S2}^{S3} \\
 Y_{KA2} = Y_{S2} + T \times \cos G_{S2}^{S3}
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 X_{KA2} = 291602,15 + 113,416 \times \sin(314,182) = 291520,816\text{m}. \\
 Y_{KA2} = 4064010,21 + 113,416 \times \cos(314,182) = 4064089,254\text{m}.
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{S2}^{S3} - \sigma) \\
 Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{S2}^{S3} - \sigma)
 \end{cases}$$

$$\begin{cases}
 X_{KE2} = 291520,816\text{m} - 105,30 \times \sin(314,182 - 4,35) = 291601,689\text{m}. \\
 Y_{KE2} = 4064089,254\text{m} - 105,30 \times \cos(314,182 - 4,35) = 4064021,817\text{m}.
 \end{cases}$$

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des coordonnées des points singuliers calculés donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel **PISTE5.05**.

Tab. IV.6: Valeurs des points particuliers calculés.

Coordonnés (m)	Ka1	Ka2	Ke1	Ke2
X	291638,783m.	291520,816m	291612,437m.	291601,689m.
Y	4063903,119m	4064089,254m	4064005,070m	4064021,817m

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe.

IV -2) PROFIL EN LONG :

2-1) Introduction :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet. etc....

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

2-2) Coordination du tracé en plan et profil en long :

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 :

- Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale ;
- D'envisager de loin l'évolution du tracé ;
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs...etc.);

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan

-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 ceux du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

2-3) Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente..) et de confort (puissance des véhicules en rampe). On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

a) Déclivité minimum :

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

b) Déclivité maximum:

La déclivité maximale dépend de :

- La condition d'adhérence.
- La vitesse minimum de PL.
- La condition économique.

Selon le B40, environnement E2, catégorie C1 déclivité maximale:

Pour $V=60\text{km/h}$; $I_{\text{max}} = 5 \%$.

2-4) Raccordement en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccords :

4-1) Raccords convexes (angle saillant) :

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

Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

a)Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule soumis à une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

b)Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort. Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

4-2) Raccordements concaves (angle rentrant):

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes. Lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

a) Condition esthétique

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ (spécial échangeur).

Pour le cas de notre projet, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge qu'ils sont donnés par le tableau suivant (selon le B40) :

Tab. IV.7 : Caractéristiques des rayons du profil en long.

Les paramètre	Symbole	Vr= 60km/h	Vr=80km/h
Déclivité maximale	P(%)	5 %	5%
	RVm1 (minimal absolu) en m	1000m	2500

Rayon en angle saillant	RVn1 (minimal normal) en m	2500m	6000
Rayon en angle rentrant	RVm1 (minimal absolu) en m	1200m	2400
	RVn1 (minimal normal) en m	2400m	3000

2-5): Determination pratiques du profil en long:

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

À l'équation de parabole (en négligeant le terme Y^2): $X^2 - 2 R Y = 0 \cdot 2R = \frac{x^2}{Y}$

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 (AS).
- Donnée la pente **P2** de la droite (DS).
- Donnée la pente **R**.

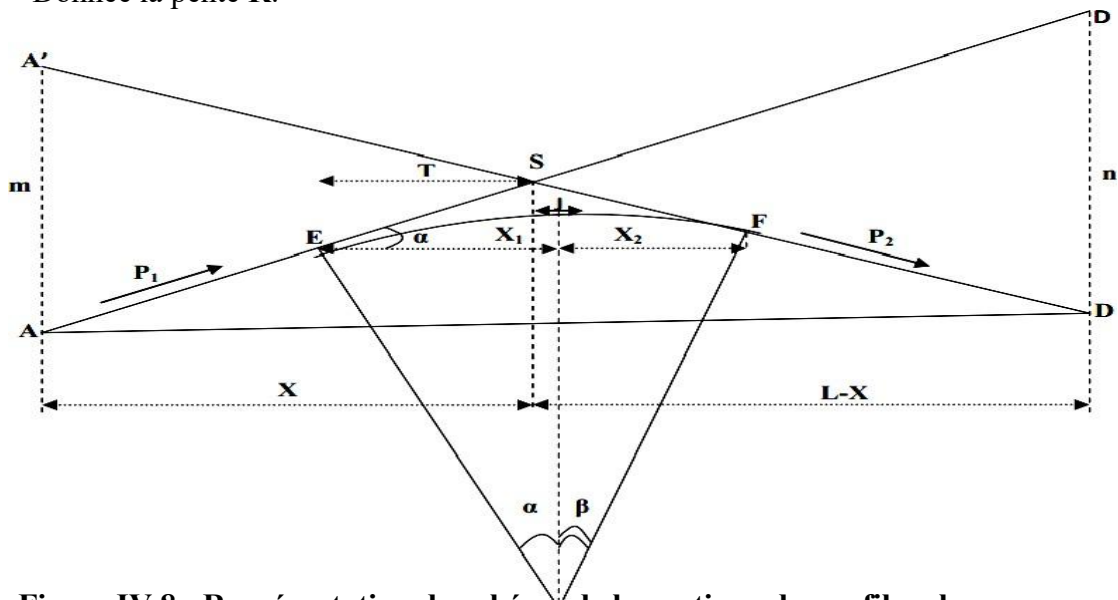


Figure IV.8 : Représentation du schéma de la pratique du profil en long.

5-1) Détermination de la position du point de rencontre (s):

On a:

$$ZA' = ZD + Lp2 \quad , \quad m = ZA' - ZA$$

$$ZD' = ZA + Lp1 \quad , \quad n = ZD' - ZD$$

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

$$S = \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = X P1 + ZA \end{cases}$$

5-2) Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} (P1 \pm P2)$$

Note :

- ✓ 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.

$$E = \begin{cases} XE = XS - T \\ ZE = ZS - T p1 \end{cases} \qquad F = \begin{cases} XF = XS + T \\ ZF = ZS + T p2 \end{cases}$$

5-3) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

5-4) Calcul de la flèche :

$$H = T^2 / 2R$$

5-5) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} HX = x^2/2 \\ ZM = ZB + X p1 - X^2/2R \end{array} \right.$$

5-6) Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

$$X1 = Rp1$$

$$X2 = Rp2$$

$$J = \left\{ \begin{array}{l} XJ = XE - R.p1 \\ ZJ = Z E + X1.p1 - X1^2/2R \end{array} \right.$$

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).

Tab. IV.8 : Coordonnées et rayon du cotes et abscisse chois

Pts	Cotes Z(m)	Abscisse X (m)	Rayon (m)
A	154.7556	0	5000
S	165.0151	320	
D	139.3398	1860	

2-6) APPLICATION AU PROJET:

à l'aide du logiciel PISTE ;et sont joints dans l'annexe

A- Calcul des pentes :

$$P1 = \frac{ZS - ZA}{XS - XA} = \frac{165.0151 - 154.7556}{320 - 0} \quad p_1 = 0,03206 = \mathbf{3,206\%}$$

$$P2 = \frac{ZD - Zs}{XD - XS} = \frac{139.3398 - 165.0151}{1860 - 320} \quad p_2 = -0,01667 = \mathbf{-1,667\%}$$

B- Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P1 - P2| = \frac{5000}{2} \times (0,03206 - (-0,01667)) = \mathbf{121,8\ 25m}$$

C- Calcul de la flèche (bissectrice) :

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{121,8\ 25^2}{2 \times (5000)} = \mathbf{1,4m}$$

D- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$E \left\{ \begin{array}{l} XE = XS - T \quad \rightarrow XE = 320 - (121,825) = \mathbf{198,175m} \\ ZE = ZS - T |P_1| \rightarrow ZE = 165,0151 - (121,825 \times (0,03206)) = \mathbf{161,104m.} \end{array} \right.$$

$$F \left\{ \begin{array}{l} XF = XS + T \quad \rightarrow \quad XF = 320 + 121,825 = \mathbf{431,01\ m.} \\ ZF = ZS + T |P_2| \quad \rightarrow ZF = 165.0151 + (121,825 \times (-0,01667)) = \mathbf{162,984m.} \end{array} \right.$$

E- Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 2 \times 121,825 \quad \Rightarrow \mathbf{L = 243,65\ m}$$

F- Calcul des cordonnées du point J :

$$PK_{J/A} = R \times P1 = 5000 \times (0,03206) = \mathbf{160,3m}$$

$$Z_{\frac{J}{A}} = PK_{\frac{J}{A}} \times P1 - \frac{\left(\frac{PK_{\frac{J}{A}}}{A}\right)^2}{2 \times R} = 160,3 \times (0,03206) - \frac{(160,3)^2}{2 \times 5000}$$

$$Z_{\frac{J}{A}} = 2,56m .$$

$$J = \begin{cases} X_j = XE - R \times P1 \Rightarrow X_j = 198,175 - (5000 \times 0,03206) = 37,875m. \\ Z_j = ZE + ZJ/A \Rightarrow Z_j = 161,104 + 2,56 = 163,664m. \end{cases}$$

Remarque :

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel PISTE ; et sont joints dans l'annexe

IV -3) PROFIL EN TRAVERS :

3-1) Definition:

Le profil en travers de la route coupe l'axe de la route perpendiculairement au plan verticale. les travaux routiers impliquent de tracer un grand nombre de sections transversales pour éviter de créer des rapports sur chaque dimension, nous construisons d'abord un profil unique est appelé « profil en travers » et contient toutes les dimensions et tous les détails structurels (largeur des voies, chaussées et autres bandes routières, pente des revêtements et talus, Couches de superstructure, systèmes de drainage, etc.).

3-2) Les éléments constitutifs du profil en Travers :

- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette** : c'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **Plateforme** : elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre-plein central et bande d'arrêt.
- **Chaussée** : c'est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules.

- **Terre- plein central (T.P.C) :** Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **bande dérasée de gauche (B.D.G) :** Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.
- **bande médiane :** Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.
- **Accotement :** Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- **Bande d'arrêt d'urgence :** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- **la berme :** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Le fossé :** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

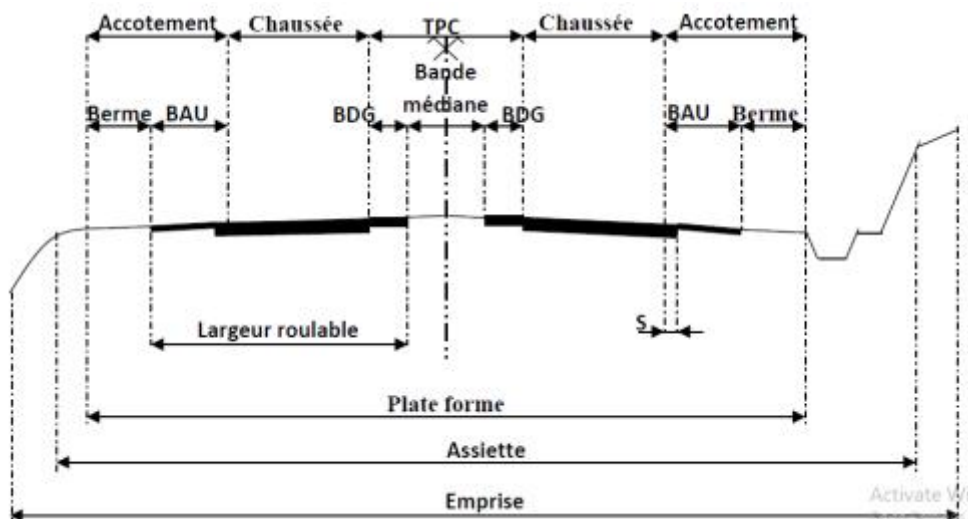


Figure IV.9: éléments de profil en travers.

3-3) Classification de profile en Travers :

On distingue de types de profiles :

- Profile en travers courant.
- Profile en travers type.

a- Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...). qui servent à calculer les cubatures.

b- Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais) ou mixte.

3-4) APPLICATION AU PROJET:

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la RN 03 sera composé d'une chaussée de dédoublement.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

Chaussée 2 x 7.0 m	14 m
Terre-plein central	1,00 m
Accotements 2 x1.80	3,60 m
Total	18,60m

IV -4) cubature :**4-1) Introduction :**

La réalisation d'un ouvrage routier nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté. Pour les voies de circulation ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume des terres se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première consiste à apporter des terres (remblai) et la deuxième à enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle «les cubatures des terrassements».

4.2) Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais 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.
- **Déblais:** c'est l'opération d'extraire une masse quelconque de terre.
 - **Remblais :** c'est l'opération qui a pour but de mettre en œuvre des matériaux qui proviennent soit de déblais, soit d'une emprunte extérieure (carrière). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

4-3) Méthode de calcul des cubatures:

Le calcul des cubatures est généralement difficile et compliqué mais il existe plusieurs méthodes qui le simplifient ; La méthode SARRAUS est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs. Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

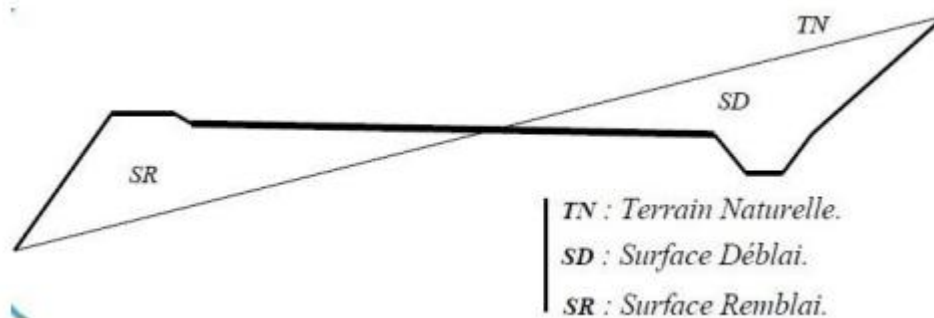


Figure IV.10: Surfaces en déblai et remblai.

✓ **Formule de Mr SARRAUS :**

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

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

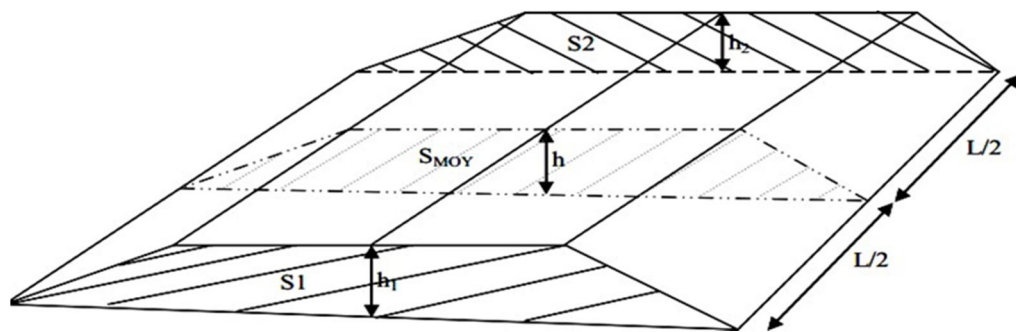


Figure IV.11: Surface des deux cas.

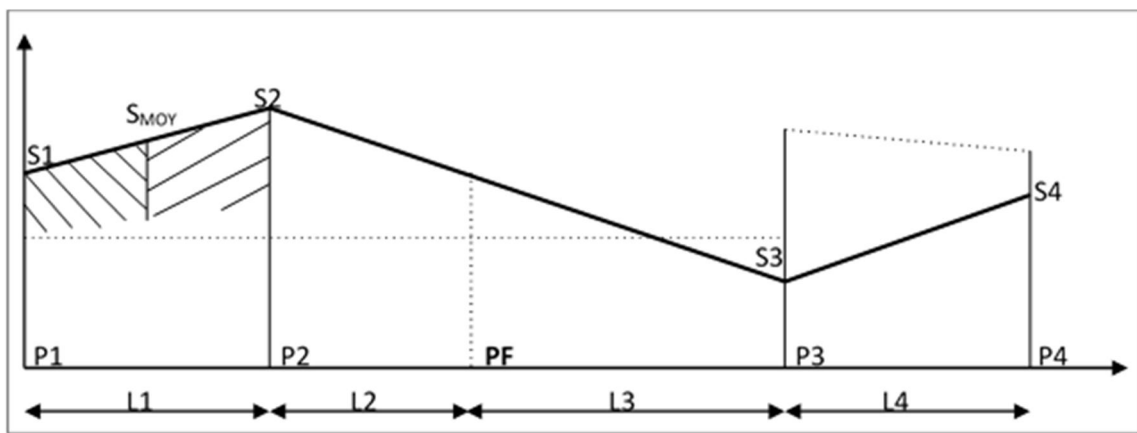


Figure IV.12 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.

- **PF** : profil fictive, surface nulle. (point de passage).
- **Si** : surface de profil en travers Pi.
- **Li** : distance entre deux profils consécutif.
- **S_{MOY}**: surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions : S_{moy} et $\frac{s1+s2}{2}$.

$$\text{D'où : } V = \frac{L_i}{2} (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

Le volume total des terrassements :

$$v = \frac{L_1}{2} \cdot S_1 + \left(\frac{L_1+L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2+L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3+L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

4-4) Cubatures de terrassement de notre projet :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « **Piste .05** »

Les résultats trouvés sont :

- Volume des déblais $v_d = 130742 \text{ m}^3$.

- Volume des remblais $v_r = 381500 \text{ m}^3$.

Et le détail du calcul est en annexe.

Chapitre V :

Etude Géotechnique

V.1.Introduction

L'ingénierie géotechnique routière est la science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques de la roche et du sol qui servent de base aux structures routières. Il étudie l'équilibre et la formation de sols aux propriétés différentes sous l'action de forces externes et internes. Cette étude doit d'abord pouvoir localiser les différentes couches du sol et donner des informations sur celles-ci ainsi que sur les propriétés mécaniques et physiques du sol. À cet effet, des tests sont effectués en laboratoire afin de déterminer les propriétés appropriées.

V.2 : OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

V.3: LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

Au cours d'une étude géotechniques, se succéderont plusieurs phases :

- Une phase bibliographique (étude des documents, archives, rapports).
- Deux ou trois phases de travaux de terrain qui comprendront :
 - Les visites sur site.
 - Le recensement de toutes les particularités géologiques et hydrogéologiques locales et régionales.
 - L'établissement d'un levé : schéma itinéraire.
 - L'implantation des gîtes de reconnaissance et des échantillons, en tenant compte des éléments suivants :
 - ✓ Caractéristiques, quantités et types de matériaux recherchés.
 - ✓ Moyens de reconnaissances mis à disposition.
 - ✓ Rayon d'investigation défini à partir du lieu d'utilisation.
 - ✓ Accessibilité du site.
 - ✓ Difficulté d'exploitation
- Une phase de laboratoire qui portera sur le choix du programme des essais et leur suivi.

- Une phase de synthèse et de rédaction du rapport d'étude.

❖ a) L'étude Des Archives Et Documents Existants

Les études intérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

❖ b) Les Visite Sur Site Et Les Essais « in-situ »

- La reconnaissance du tracé.
- La reconnaissance géologique du sol support (effectuée par l'ouverture des puits à ciel ouvert creusés à l'aide d'une pelle mécanique sur tout le long du tracé (un puits d'une profondeur de plus de 2 m tous les 3 kms, et à chaque changement de nature du terrain).
- Prélèvement des échantillons issus du sol support : le nombre des échantillons à prélever de chaque puits, sera déterminé après l'excavation du puits de reconnaissance (selon coupe géologique), dans tous les cas un minimum de deux (2) prélèvements est indispensable.
- La prospection des carrières dans la zone limitrophe du tracé a pour but de rechercher des matériaux susceptibles d'être utilisés en corps de chaussée (effectuée par l'ouverture des puits à ciel ouvert creusés à l'aide d'une pelle mécanique sur tout le long de la zone limitrophe du tracé)
- Prélèvement des échantillons issus des carrières d'emprunts : un minimum de 03 échantillons sera prélevés de chaque carrière découverte.
- Cette reconnaissance nous permet de connaître la nature des matériaux constituant le sol support et de localiser les carrières d'emprunts susceptibles d'être utilisées en corps de chaussée.

V.4 : LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification:

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).
- Les essais mécaniques :
 - Essai PROCTOR.
 - Essai CBR.
 - Essai Los Angeles.
 - Assai Micro Deval.
- Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.
- Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.
- La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

V.4.1 : Les essais d'identification :

a) Masse volumique et teneur en eau :

- **Teneur en eau** : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w / W_s$
- **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 déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

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

b) Analyses granulométriques :

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

Principe d'essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoirs reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes 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 fin, limon et argile).

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

b) Limites d'Atterberg :

- **Limite de plasticité (Wp) :** caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.
- **Limite de liquidité (WL) :** caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état Liquide

$$WL = \omega (N/25)^{0.121}$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai
donnant n coups. N : nombre de coups.

- **L'indice de plasticité :** Cet indice définit l'étendue du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité.

$$(Ip), IP = WL - WP$$

Principe de l'essai : la détermination de WL et WP nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

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).

D) Equivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites D'ATTERBERG ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « équivalent de sable ».

Principe de l'essai : l'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm ; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

But de l'essai : cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles. Cet essai révèle très intéressant au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité

Domaine d'application : cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

- Classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastiques.
- Choix et contrôle des sols utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

E) Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100 grammes de sol s'appelle « Valeur Au Bleu » du sol et est notée VBs, la VBs reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).

- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (0/d) avec $d \leq 10 \text{ mm}$ et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur VBs est alors calculée à l'aide de la relation :

$$VBs = VBs(0/d) \times C(0/d)/100C(0/d)$$
 étant le pourcentage de la fraction 0/d du sol étudié.

❖ V.4.2. Les Essais Mécaniques

a) Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi l'énergie normale.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposer en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couches étant compacter avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage. Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

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).

b) Essai C.B.R (California Bearing Ratio) : [9]

On réalise en général trois essais : « CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé »

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé »

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 (3) énergies de compactage

25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

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 des travaux de terrassements.

c.) Essai Los Angeles :

L'essai L.A est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angeles.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

Domaine d'application : l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement)

d). Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide).

On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6 mm (Tamis de 1.6 mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

But de l'essai : l'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Domaine d'application : choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

V.5. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions. Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

V.6) Résultats des essais de laboratoire :

L'objet de ce rapport est de présenter :

- 1- Les résultats de la reconnaissance géologique.
- 2- Les valeurs des caractéristiques physiques, mécaniques des Sols obtenues grâce aux essais géotechniques réalisés au Laboratoire , pris à travers Direction des travaux publics de la wilaya de Skikda .

1. Puits de reconnaissances :

Tab V .1) tableau récapitulatif

Puits	Coordonnées		Profondeur En (m)	Lithologie
	X	Y		
P10	290735	4068109	0.00-0.10	Terre végétale
			0.10-1.10	Schiste altéré.
P11	290446	4066377	0.00-0.50	Remblai de TVO
			0.50-2.00	Sable limoneux avec peu d'argile et graves
P12	290540	4065275	0.00-0.50	Terre végétale
			0.50-2.00	Gneiss altéré, fragmentable.
P13	290962	4064912	0.00-0.50	Remblai de TVO contaminé + conduit bleu
			0.10-1.10	Gneiss altéré.
P14	291649	4063893	0.00-1.70	Remblai de TVO contaminé.
			1.70-2.00	Altération de Gneiss sous forme de sable grossier graveleux caillouteux.
P15	292278	4063229	0.00-0.10	Terre végétale
			0.20-0.80	Schiste altéré gris claire.

2- Interprétation des essais au laboratoire :

Tab V .2) tableau récapitulatif

N° de Puits	Echan Prof (m)	Essai de FR	Essai de DG	Wn (%)	Dmax (mm)	Tami sa à 2.00 mm en (%)	Tami sa à 80 µmen (%)	VBS g/kg	Wl (%)	Ip (%)	Proctor Modifié		Indice CBR Imbibé			Indice CBR Immédiat		A 95% de γ_{dmax}	Classification GTR
											W OPM (%)	γ^d OPM (t/m3)	25 c	55 c	Gf en mm	25 c	55 c		
10	0.1-1.10	14.64	1.24	1.13	19	46.92	19.18	0.14	-	-	Non réalisable échantillon rocheux			-	-	-	-	B5	
11	1.70-2.0	-	-	6.89	4.5	82.32	38.33	0.33	-	-	8.48	2.14	2.52	4.95	4.4	-	-	4.11	A1
12	0.5-2.0	16.67	1.00	1.485	26	37.9	5.74	0.24	-	-	Non réalisable échantillon rocheux						-	B4	
13	0.5-1.10	15.19	1.02	7.67	19	48.56	11.22	0.37	-	-	6.26	2.21	44.29	65.69	0.11	-	-	60.34	B4
14	1.70-2.0	-	-	8.78	25	62.94	31.14	1.62	-	-	11.84	2.04	2.86	3.36	2.56	-	-	3.03	B6
15	0.2-2.0	30.86	26.50	4.71	25	56.6	16.81	0.75	-	-	6.81	2.17	44.44	60.65	0.18	-	-	55.25	B5

CHAPITRE VI :

ASSAINISSEMENT

VI -1) Introduction:

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car sa présence engendre plusieurs inconvénients sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

VI.2) Effet des eaux:

- **Sur les chaussées :**

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

- **Sur les talus :**

- Glissement ;
- Erosion ;
- Affouillements du pied de talus.

VI.3) Objectif d'assainissement:

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

VI.4. Définition des termes hydrauliques:

- **Bassin versant** : C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).
- **Collecteur principal (canalisation)** : C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.
- **Chambre de visite (cheminée)** : C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.
- **Fossés de crêtes** : Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plateforme.
- **Décante d'eau** : Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.
- **Les regards** : Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux eaux poussées des terres .
- **Sac** : C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraîné, par les eaux superficielles.

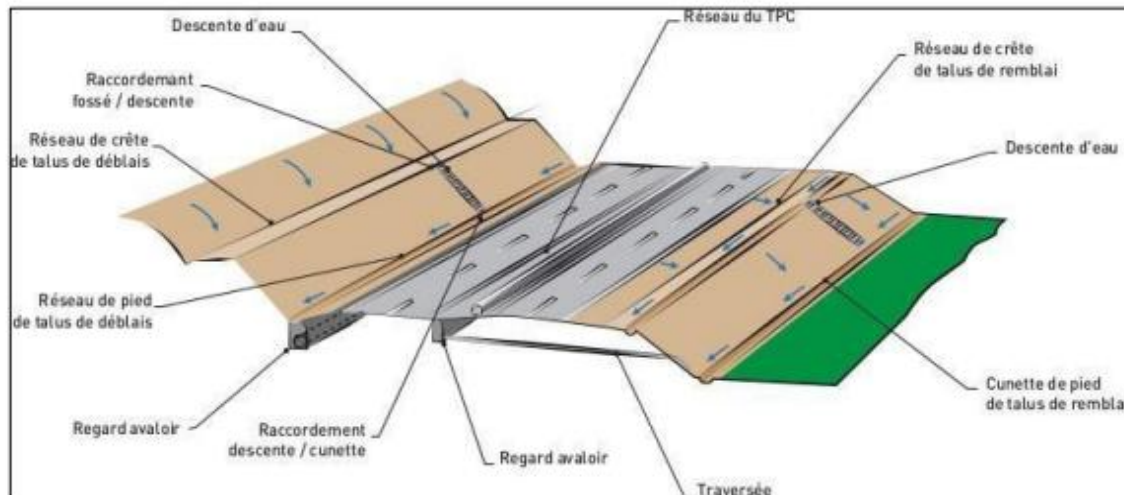


Figure VI -1 : Emplacement des Ouvrages d'Assainissements.

VI.5. Assainissement de la chaussée:

Les ouvrages souterrains les plus couramment utilisés pour évacuer les petits débits sont les dalots et les ponceaux de section circulaire. Lorsque la hauteur du remblai est insuffisante, il est conseillé d'utiliser des dalles en béton armé pour construire les ponceaux.

Les projets d'assainissement doivent être conçus pour dégager les routes et les emprises dans les meilleures conditions possibles et au moindre coût.

5-1) Fossé de pied de talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

5-2) Fosse de crête de déblai :

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

5-3) Fosse de pied du talus de remblai:

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

5-4) Drain :

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

5-5) Descentes d'eau

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

VI .6) Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux:

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- Les passages submersibles.
- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

VI .7) Etude Hydrology:

Le but de l'étude hydrologique est de déterminer le débit de pointe pour les périodes de retour **10,50 et 100 ans** , La démarche suivante a été adoptée :

- Présentation des réseaux hydrographie de la zone d'étude
- Delimitation du bassin sur support topographique 1/50000
- Une analyse des données aux stations pluviométrique et hydrométrique existantes sur le bassin versant ou sur des bassins versants voisins .
- Estimation des débits de pointe **Q (T)**
- Estimation le débit max de la crue qui passe **Qmax**

a-Le Reseaux Hydraographie :

La zone d'étude située au milieu du bassin versant de cotiers constantinois qu'il s'étend sur une superficie de **1200 Km²** possède une façade maritime , le bassin versant de cotiers constantinois est limité au Nord par la Mer Méditerranée , au Sud par le Col de **D'elkentour** , à l'ouest le col de **Staiha** et à l'est le col de **Bissy**.

b- Application Au Projet**1/ Les données pluviométriques du projet**

Pour notre projet , l'étude sera basée sur les données enregistrées au niveau de la station pluviométrique disponible pour le service **L'NRH** concernant les courbes **IDF** de la zone d'étude .

Le tableau ci_ dessous donne les caractéristiques pluviométrique de cette station prise en considération dans l'étude .

Tab VI.1: caractéristiques de la station pluviométrique

Code	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z (m)	Pan (mm)	Pj max (mm)	Cv	b	N(ans)
03-09-07	63.732	36.405	220	820	61.6	0.38	0.41	15

2/Délimitation Des Bassins Versants:

Le bassin versant , appelé aussi bassin de drainage d'un oued , en point donné de son cours, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de l'oued .

Le bassin versant a une fonction de collecteur , il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire . cette transformation est en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant.

3/Evaluation Des Caracteristiques Morphologique

la détermination des caractéristiques morphologiques des bassins versants consiste à calculer, et/ou évaluer , les paramètres explicatifs , indispensables à l'évaluation des débits de crues

-la surface du bassin versant (**km²**)

- le périmètre (**km**)
- la longueur du talweg(**km**)
- l'altitude max(**m**)
- l'altitude min (**m**)
- le temps de concentration (**heur**)
- le coefficient de ruissellement

Pour déterminer ces valeurs on utilise le logiciel **global mapper**

4/ Détermination des caractéristiques morphologiques des bassins versants

La future route est projetée sur les cartes de système SRTM où seront délimités les bassins versants et déterminées les surfaces, les longueurs des talwegs et les déclivités en se servant du logiciel Global Mapper.

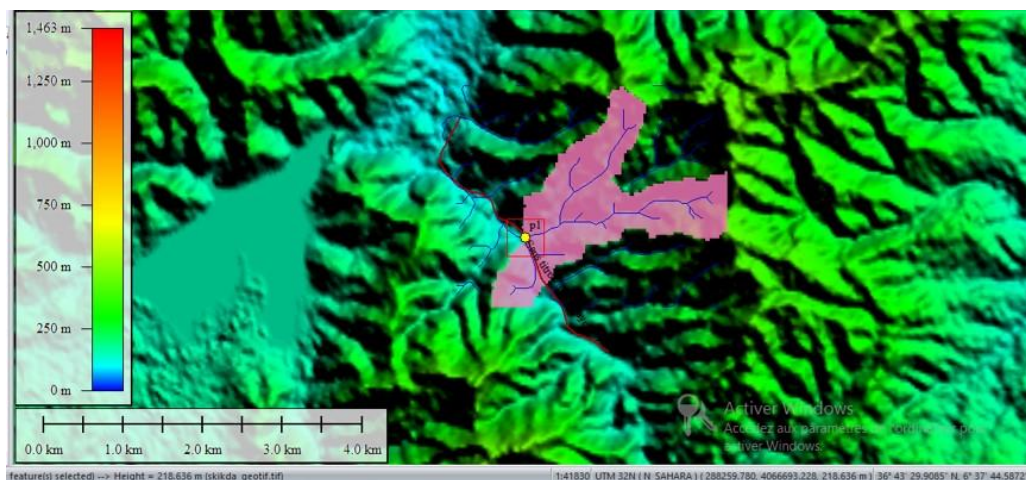


Figure VI -2 : Bassin versons de ce projet

Tab VI.2:Caractéristiques morpho métriques des bassins versants.

bv	Surface (km²)	Largeur	Z_{max}(m)	Z_{min}(m)	Pente
Bv1	2,617	11,98	442	115	26,29

VI.8) Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

Le dimensionnement de différents types de projets d'assainissement est dérivé en comparant le débit entrant et le début de saturation de chaque type de projet d'assainissement.

8-1/Determinations des débits de crue:

Les débits de crue sont calculés pour des bassins versants de superficie inférieure à 200 Km² au moyen de la méthode rationnelle dont l'expression usuelle est donnée par la formule :

$$Q_a = K . C . I . A \quad (\text{Selon la méthode rationnelle})$$

Q₁₀ : Débits de crue de fréquence déterminée (en m³/s).

K : Coefficient dépend des unités retenues K = 0,278.

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité moyenne de la précipitation en (mm/h).

A : Superficie du bassin versant (en km²).

8-2/les coefficients de ruissellement :**a/Pour les bassins versants :**

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

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

- **C₁** : dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. Les valeurs de "C₁" sont présentées dans le tab **VI.3**.
- **C₂** : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques. Les valeurs du coefficient "C₂" sont présentées dans le tab **VI.4**.

- **C3** : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes. Les valeurs du coefficient "C3" sont présentées dans le T

Tab VI.3: Valeur du Coefficient "C1" pour Diverse Pontes.

Couverture Végétale	Coefficient(C1)
$P \leq 3.5$	0,01–0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06–0,10
$11 < P \leq 35$	0,12–0,20
$35 < P$	0,22–0,30

Tab VI.4: Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol.

Couverture Végétale	Coefficient(C2)
Imperméable	0,22–0,30
Peu perméable	0,10–0,20
Perméable	0,06–0,10
Très perméable	0,06–0,05

Tab VI.5 : Valeur du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol.

Couverture Végétale	Coefficient(C3)
Rocheux	0,22–0,30
Prairie	0,17–0,25
Labours–Champs	0,07–0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03–0,05

b/ Pour la chaussée :

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

Tab VI.6: les coefficients de ruissellements.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80à0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15à0.40	0.40
Talus	0.10à0.30	0.30
Terrain naturel	0.05à0.20	0.20

c/

Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

1/ la pluie journalière maximale annuelle:

$$\underline{P_{j\max}}(\%) = \frac{P_j}{\sqrt{(C_v^2+1)}} \cdot e^{U \sqrt{\ln(C_v^2+1)}}$$

Où :

P_{jmax} : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).

C_v : Coefficient de variation.

U: Variable de Gauss

Ln: Log. Népérien.

Tab VI.7: Variable de Gauss

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Pour les ouvrages de drainage, nous adoptons une période de retour de 10 ans.

d/ Calcul de la fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_{tc} (\%) = P_{j \max} (\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

P_{jmax} : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).

P_{tc}: pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).

tc : Temps de concentration (durée de pluie) (heure).

b : coefficient climatique 0.41

8-3 Le débit capable des ouvrages hydrauliques (saturation):

Il s'agit de choisir un ouvrage tel que ses caractéristiques géométriques, son implantation et son fonctionnement hydraulique assurent la transition du débit d'apport dans des conditions satisfaisantes : vitesse d'auto curage et la vitesse maximale vis-à-vis la durabilité des ouvrages.

Pour notre cas la formule de Manning-Strickler peut s'appliquer :

$$\text{Avec : } Qc = K \cdot Rh^{2/3} \cdot p \cdot Sm$$

Qc : Débit capable en (m³/s).

Rh : Rayon hydraulique en (m). Avec :

$$Rh = S_m / P_m$$

S_m: Section mouillée en (m²).

P_m: Périmètre mouillé en (m).

p: Pente du radier en (m/m).

K: Coefficient de rugosité de Manning. Les valeurs des coefficients de rugosité (K) sont représentées dans le tableau suivant :

Tab VI.8: Les valeurs des coefficients de rugosité (K)

Ouvrage d'assainissement	En terre	Buses métalliques	maçonneries	Béton (Dalots)	Béton (Buses préfabriquées)
Coefficient de rugosité (k)	30	40	50	70	80

a/Le temps de concentration :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandotti, commesuit:

- .Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$ $T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ Ventura
- Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$ $T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{P}$ Giandotti
- lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ $T_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$ Passini

Où :

T_c: Temps de concentration (heure).

A: Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de bassin versant (km)

P : Pente moyenne du bassin versant

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

b-L'intensité horaire :

$$I_{tc} = \frac{P_{tc}}{tc}$$

I_{tc} : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (heure).

P_{tc} : pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).

9- Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :

8.1 Dimensionnement Des Dalots :

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot. On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0,8h$.

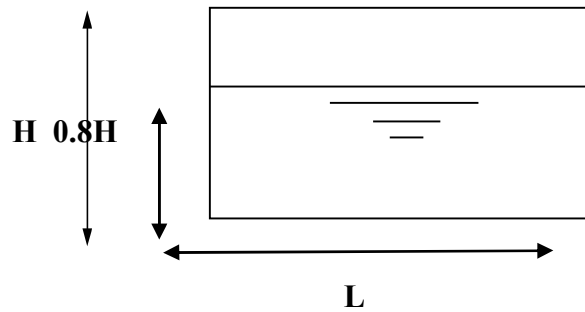


Figure VI -3 : Dalots

On a :

$$\text{Périmètre mouillé} : P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée} : S_m = 0,8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé} : R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$$

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

$$Q_s = 0,8 \times h \times L \times K_{st} \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

Avec :

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

J : pente du dalot.

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

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

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

9.2 Dimensionnement Des Buses :

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

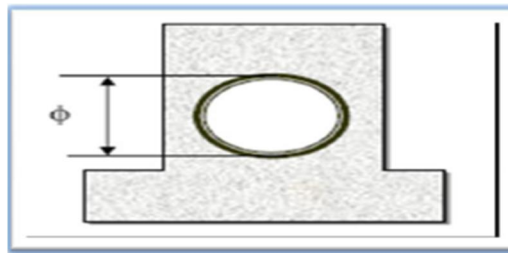


Figure VI -4 : Buses

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

- S_m : section mouillée, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- R_H : rayon hydraulique, $R_H = \frac{R}{2}$
- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton.
- J : la pente de pose égale la pente de profil en travers.

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

9.3 Dimensionnement Des Fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous. On fixe la base de la fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($p=1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

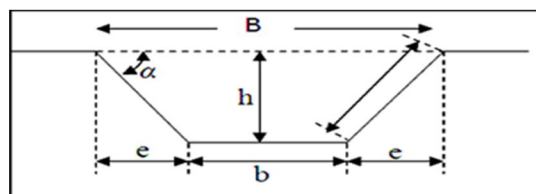


Figure VI -5 : Fossés

❖ Calcul de la surface mouillée :

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

$$\tan \alpha = h/e = 1/n \text{ D'où } e = n \times h$$

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

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

❖ **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B$$

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

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

❖ **Calcul le rayon hydraulique :**

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

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

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

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

VI .10- Application au Projet:

➤ **Données pluviométriques :**

- La pluie journalière moyenne $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$ (Station de Bouchetata)
- Le coefficient de variation $Cv = 0.38$
- L'exposant climatique $b = 0.41$
- Variable de Gauss $u = 1.28$ (fréquence décennale).
- Indice de compacité (**kc**)

a) Calcul hydraulique

1 - Calcul de la pluie journalière maximal annuelle Pj

$$P_{j_{max}} (\%) = \frac{\overline{P_j}}{\sqrt{(C_v^2 + 1)}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

En général pour les routes principales on prend en compte de fréquence décimale (10ans)

Donc la variable de gauss $U = 1.282$ et $C_v = 0.38$

$$P_j(10\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{(1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)})} = 92.40 \text{ mm}$$

-Pour une période de retour de 50 ans on a : $u = 2.057$:

$$P_j(2\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{(2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)})} = 122,967 \text{ mm}$$

2 – Fréquence d'averse P_t :

Pour une durée de $T = 15$ min, on la détermine par la formule:

$$P_t(\%) = P_j(\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

$$b = 0.41$$

$$A = 2,617 < 5 \text{ km}^2 \text{ selon VENTURA} \quad t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{2,617}{0,2629}} = 0.40 \text{ h}$$

$$P_{tc}(10\%) = 92.40 \left(\frac{0.40}{24}\right)^{0.41} = 17,24 \text{ mm.}$$

$$P_{tc}(2\%) = 122,967 \left(\frac{0.40}{24}\right)^{0.41} = 22,948 \text{ mm.}$$

3-Calcul de l'intensité de l'averse:

$$I(10\%) = \frac{P_t(10\%)}{T_c} = \frac{17,24}{0.40} = 43,1 \text{ mm/h}$$

Pour 50 ans :

$$I(2\%) = \frac{P_t(2\%)}{T_c} = \frac{22,948}{0.40} = 57,37 \text{ mm/h}$$

4-Qalqul debit :

- **Pour 10ans :**

$$Q = K.C.I.A$$

$$Q = 0,278 \times 0,5 \times 43,1 \times 2,617 = 15,678 \text{ m}^3 / \text{s.}$$

- **Pour 50ans :**

$$Q = 20,869 \text{ m}^3 / \text{s.}$$

En général pour les routes principales on prend en compte de fréquence décimale (10ans)
 Donc la variable de gauss $U = 2.057$ et $Cv = 0.38$

$$P_j(10\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{(2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)})} = 122,967 \text{ mm}$$

b) Dimensionnement des fosses :

b.1) Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C.i.A$$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

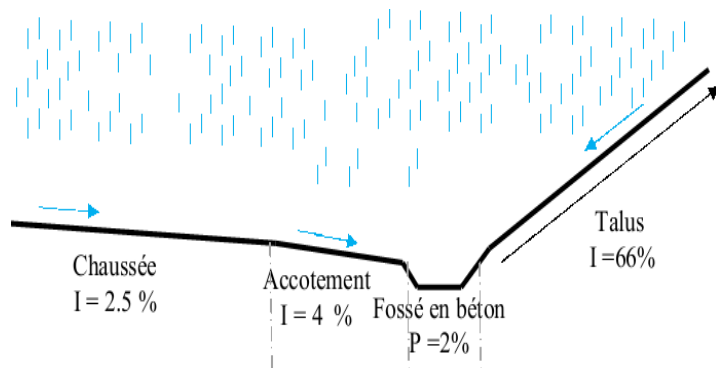
Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_A = K.I.C_A.A_A$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$



❖ **Calcul des surfaces des sous bassins versants :**

Tab VI.9: Les surfaces des sous bassins versants.

SBV	A(km ²)
Chaussée	$7 \times 100 \times 10^{-6} = 0.0007$
Accotement	$1.8 \times 100 \times 10^{-6} = 0.00018$
Talus	$10 \times 100 \times 10^{-6} = 0.001$

b.2) Calcul L'intensité de l'averse :

Pour une période de retour de 10 ans on a :

➤ **Pour la Chaussée :** $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ $\Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.0007}{0.025}} = 0.021 \text{ h}$

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.021}{24}\right)^{-0.59} = 245,28$$

➤ Pour l'accotement : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ $\Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.00018}{0.04}} = 0.008 \text{ h}$

$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.008}{24}\right)^{-0.59} = 433.473$

➤ Pour le talus : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \cdot 127$ $\Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.001}{0.66}} = 0.004 \text{ h}$

$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.004}{24}\right)^{-0.59} = 652.484$

❖ L'intensité de l'averse IT :

Tab VI.10: Calcul de l'intensité.

SBV	Pente(%)	Tc(h)	It(mm/h)
Chaussée	2.5	0.021	245,28
Accotement	4	0.008	433.473
Talus	66	0.004	652.484

❖ Débit total :

Tab VI.11: Le débit total des bassins versants.

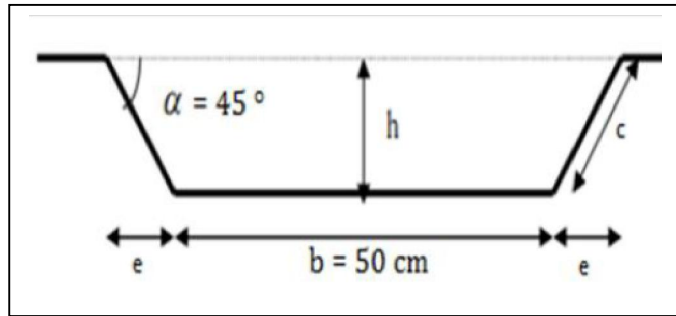
SBV	C	K	I (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /s)	Q total (m ³ /s)
chaussée	0,95	0.278	245.986	0.0007	0.045	0.107
Accotement	0,4	0.278	433.473	0.00018	0.008	
talus	0.3	0.278	652.484	0.001	0.054	

D'où :

$Q_a = Q_c + Q_a + Q_t = 0.107 \text{ (m}^3\text{/s)}$

➤ Débit de saturation (Qs)

$$Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$



□ La section mouillée :

$$S_m = b \cdot h + h^2 = h \cdot (b + h)$$

□ Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2 h \cdot (2)^{1/2}$$

□ Le Rayon hydraulique :

$$R_H = S_m / P_m$$

Les dimensions de la fosse obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport **Qa** et débit de saturation **Qs**.

$$Q_a = Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} = 0,107 \text{ m}^3/\text{s}$$

On prend **b=0,5m** et Pour un angle de $45^\circ \Rightarrow n = 1$.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : $I = 2 \%$ c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé

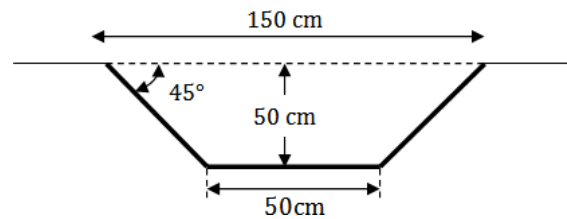
KST : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (pour buses préfabriquée sen BA).

Donc : on obtient la formule suivante :

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

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} = 0.45 \text{ m}$$

D'après le calcul on a trouvé la hauteur **H= 0.50m**



Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard ($b=50$ cm, $H=50$ cm).

e) Dimensionnement du système de drainage transversal (buses et dalots) :

c.1) Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a=Q_s$

Tel que : $Q_s = s \times K_{ST} \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$

- **Q_s** : débit maximum (débit de la pénétrante).
- **K_{st}**: coefficient de rugosité de canalisation.
- **I** : pente de canalisation. (%).
- **S** : section transversale de l'écoulement.
- **R_h** : rayon hydraulique ($RH=Sm/Pm$).

Pour notre cas ; Nous savons :

- $A=2,617$ km²
- $P=26,19$ %
- $T_c=0,40$ h
- $I_t=43,10$ mm/h
- $Q_a=0,107$ m³/s
- $K_{st}=80$ coefficient de rugosité pour le béton .

$$R^{\frac{8}{3}} = \left(\frac{Q_a \cdot 2^{2/3}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{3/8} = \left(\frac{0,107 \cdot 2^{2/3}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot 80 \cdot 0,2629^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{3/8} = 0,45$$

- $D=2R=0,98$ m = 980 mm
- On prend $D=\Phi 1000$

c.2) Dimensionnement des dalots :

Le nombre d'ouverture varie de 1 à 4, la hauteur de l'ouvrage de 1.5 à 3m et la largeur hydraulique de 2 à 4 m. Pour les cas où le nombre d'ouverture est supérieur à quatre, l'ouvrage est divisée en bloc de 2, 3 ou 4 ouvertures.

La section de dalot est calculée comme celle du fossé. Seulement, on change la hauteur de remplissage par la hauteur du dalot. Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$Hr = 0,80 H \text{ si } H \leq 2 \text{ m}$$

$$Hr = H-0.50 \text{ si } H > 2 \text{ m}$$

H : hauteur du dalot.

Donc On à :

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0,8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$$

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

$$Q_s = 0,8 \times h \times L \times K_{st} \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

Avec :

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

J : pente du dalot.

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

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

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

En fixant la largeur L=3m et par calcul itérative, on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité

$$\text{Au notre cas : - } Q_a = 0,107 \text{ m}^3/\text{s} \text{ et } I = 1\%$$

D'apprêt le calcul itératiFe, on tire la valeur de H = 1 ,40m Donc on prend H=1,8 m. On peut : dimension (2*1,8)m

9. Conclusion

Les résultats complets de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tab VI.12: Localisation des ouvrages BUSES

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
1	Buse	Φ1000*2 mm	PK36.8
2	Buse(projeté)	Φ1000*2 mm	PK37+200
3	Buse(projeté)	Φ1000*2 mm	PK37+700
4	Buse(projeté)	Φ1000*2 mm	PK38+400
5	Buse(projeté)	Φ1000*2 mm	PK38+900
6	Buse(projeté)	Φ1000*2m m	PK39+500
7	Buse(projeté)	Φ1000*2 mm	PK40

- Ouvrages dalots :

Tableau VI.13 : ouvrage dalot

BV	Ouvrage dalot (m x m)	Etat
1	Dalot 1.8*1.8	En maçonnerie

Chapitre VII :
Signalisation Et
Eclairage

1^{ERE} PARTIE : SIGNALISATION**VII-1) Introduction :**

La signalisation routière peut informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, règles à suivre en voyage. Qu'ils soient verticaux ou horizontaux, permanents ou des panneaux de signalisation temporaires ont été conçus et intégrés au code de la route.

VII-2) L'objectif de la signalisation :

L'objectif de la signalisation routière est de :

- Assurer la sécurité des usagers de la route
- Promouvoir la sécurité routière.
- Instruire ou nous rappeler diverses exigences du code de la route.
- Fournir des informations liées à l'utilisation de la route

VII.3) CATÉGORIES 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.

VII.4) Règle à respecter 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.

VII.5) Types de signalisation :**➤ Signalisation verticale :**

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

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

a) Signaux de danger :

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

b) Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

c) signaux a simple indication :

Panneau en générale de forme triangulaire, des fois terminées en pointe de flèche :

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

d) Signaux de position de danger :

Toujours implanter en prés signalisation ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

➤ Signalisation horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. On distingue plusieurs types de marquage :

- **Ligne continue** : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).
- **Ligne discontinue** : Dépassement et changement de voie autorisés.
- **Ligne de dissuasion** : Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...).

Tableau VII .1. Caractéristique de lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T1	3.00	10.00	1/3
T1'	1.5	5.00	
T2	3.00	3.5	1
T2'	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	3
T3'	20.00	6.00	

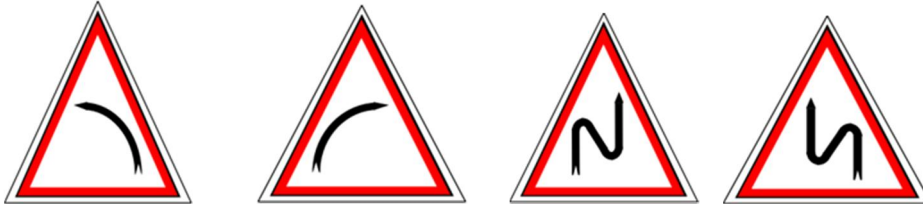
- ✓ **Ligne d'avertissement** : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.
- ✓ **Flèches de rabattement** : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
- ✓ **Ligne mixte** : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.
- ✓ **Ligne de rive trait** : Sépare la chaussée et l'accotement, peut être franchi pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.
- ✓ **Hachurage** : Sur le nez d'îlot.
- ✓ **Flèches directionnelles** : Elles imposent aux automobilistes de suivre la ou l'une des directions indiquées.

VII.6) Application au projet :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour le projet sont :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger type A.
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité type B.
- Panneaux de signalisation type C.

Type A :



Type B:



Type C :



- Sens vers ain bouziane :

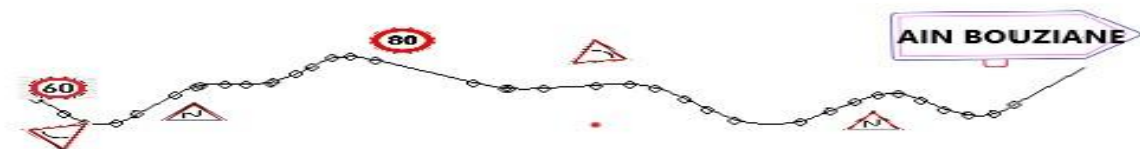


Figure VII.1 : exemple de signalisation de notre projet vers ain bouziane

- Sens vers Tamalous :



Figure VII.2: exemple de signalisation de notre projet vers tamalous

2^{EME} PARTIE : ECLAIRAGE**VII .1) Introduction :**

Il est essentiel que l'éclairage public garantisse aux utilisateurs de la route une circulation sécurisée et confortable pendant la nuit. Cela implique de voir toutes les obstacles potentiels sans l'aide des projecteurs de la voiture ou des croisements, ainsi que de voir tous les éléments de la route tels que les bordures de trottoir, les carrefours, etc. Il est crucial que les piétons aient une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles, ainsi que l'absence de zone d'ombre.

VII .2) Catégorie d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

VII .3) Éclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500 m, aidée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

VII .4) Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

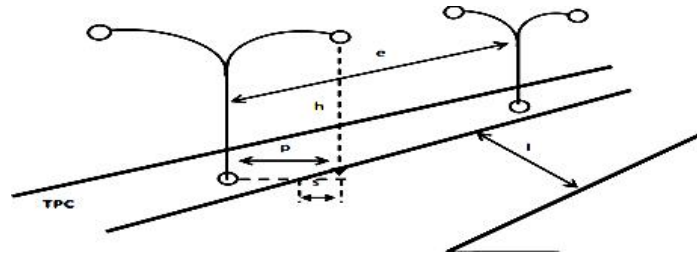


Figure VII.3: Représente Paramètres de l'implantation des luminaires.

Chapitre VIII:
Devis Quantitatif
et Estimatif

<i>N^o</i>	<i>désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>P.U. En DA</i>	<i>quantité</i>	<i>montant</i>
	SECTION 1: TERRASSEMENT :				
1.01	<i>Déblais en terrain meubles mis en remblais</i>	<i>m³</i>	<i>500</i>	<i>130742</i>	<i>65371000</i>
1.02	<i>Remblais provenance d'emprunt en matériaux sélectionné TVN, TVO ou TVC</i>	<i>m³</i>	<i>800</i>	<i>381500</i>	<i>305200000</i>
SOUS TOTAL 1:					370571000
SECTION 2: CHAUSSEE :					
2.01	<i>Couche de fondation en GNT</i>	<i>T</i>	<i>1800</i>	<i>7350</i>	<i>13230000</i>
2.02	<i>Couche de base en GB</i>	<i>T</i>	<i>7000</i>	<i>11270</i>	<i>78890000</i>
2.03	<i>Couche CUT BAK</i>	<i>m²</i>	<i>100</i>	<i>24500</i>	<i>2450000</i>
2.04	<i>TPC</i>	<i>m³</i>	<i>500</i>	<i>1400</i>	<i>700000</i>
2.05	<i>Couche de roulement en BB</i>	<i>T</i>	<i>8000</i>	<i>3454,5</i>	<i>27636000</i>
2.06	<i>accotement</i>	<i>m³</i>	<i>1500</i>	<i>126000</i>	<i>189000000</i>
2.07	<i>Couche de forme en tuf</i>	<i>m³</i>	<i>1500</i>	<i>14700</i>	<i>222050000</i>
SOUS TOTAL 2:					533956000
SECTION 3: ASSAINISSEMENT :					
3.01	<i>Réalisation d'un dalot 3X3 d'ouverture</i>	<i>U</i>	<i>500000</i>	<i>1</i>	<i>500000</i>
3.02	<i>BUSE 2Ø*1000</i>	<i>ml</i>	<i>70000</i>	<i>157.5</i>	<i>11025000</i>
3.03	<i>Fossé en béton légèrement armé</i>	<i>ml</i>	<i>3000</i>	<i>3500</i>	<i>10500000</i>
SOUS TOTAL 3:					22025000
SECTION 4: SIGNALISATION :					
4	Signalisation horizontale.				
4.01	<i>Type t12u largeur 15 cm</i>	<i>ml</i>	<i>30</i>	<i>2000</i>	<i>60000</i>

4.02	Type T2 3U largeur 18 cm	ml	32	3900	124800
4.03	Type 3u largeur 18 cm	ml	34	8000	272000
4.04	Flèches directionnel	ml	800	15	12000
4.05	Flèches bi directionnel	ml	800	50	12000
4.07	Hachures	ml	250	35	8750
4.1	Signalisation verticale				
4.1.1	f.p de potence tabulaire	U	250000	3	750000
4.1.2	Panneaux de signalisation type e2c	U	5000	15	75000
4.1.3	Panneaux de signalisation de type E1	U	5000	3	15000
4.1.6	Plaques de type A1 (les virages)	U	5000	15	75000
4.1.7	F,P de plaque de limitation de vitesse	U	5000	8	40000
4.1.8	F,P de bornes kilométriques	U	6000	9	54000
4.1.9	F,P de balise de virage en béton	U	4000	150	60000
4.1.10	pose de glissière de sécurité	U	4000	400	16000
4.1.11	Plaque fin type c14b	U	4000	8	32000
			Sous total		1562550
			Montant en HT		4288294550

TOTAL (HT) (1) = 4288294550DA

TVA 19%(2) = 814775964.5Da

TOTAL TTC (1) + (2) = 5103070514.5A

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme :

Cinq milliard cent trois millions soixante-dix mille cinq cent quatorze virgule cinq.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'étude est considéré pour nous comme une première expérience de projet réel à réaliser. Au cours de ce travail, nous avons apprécié l'importance des cours théoriques que nous avons étudiés lors de notre cursus université.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tous les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et environnement.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des Personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour Élaborer un projet des travaux publics.

L'objectif de notre travail, est l'étude de dédoublement d'un tronçon de la route nationale RN =85 du PK 36.8 au PK 40 soit linéaire de 3.5 Km entre ain bouziane et tamalous.

le sol support présente un CBR de 10

Et en fonction de la situation de la route et du relief du site, le tronçon étudié est classé dans la catégorie C1 et l'environnement E2.

l'étude à aboutit à un aménagement du profil en travers en 2x2 voies de 3,50 m de large.

Et à un corps de chaussée constitué de :

- une couche de fondation en GNT = 30CM.
- une couche de base en GB = 20 CM.
- une couche de roulement en BB = 6CM.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels , piste 5.

De toute façon, il nous a immergé dans le milieu professionnelle dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement

Bibliographies

- **Liste Des Références :**

- B40 normes techniques d'aménagements des routes).
- COURS ESSAI GEOTHECHNIQUE ROUTIER AU LABORATOIRE (PGC-master TP 2014/2015).
- Fascicule 01 /03/02.
- Mémoire Hammaya Bouthaina.
- Mémoire Bouzad Idir.
- Mémoire MATAR_NOUREDDINE.
- Mémoire BETTAHAHAR_RABIE.
- Mémoire CHIHEB_ILYAS MOHAMMED YASSINE_F1.
- Mémoire Ahmed Sista Aymen.
- Mémoire LATAMNA NACEREDDINE.
- Site internet Wikipédia.
- Topographie wilaya Skikda.
- Documents de la direction des travaux publics de wilaya de Skikda.

- **Logiciel informatique :**

- Piste 5.
- Alize.
- GLOBEL MAPPER.

Annexes

Tracé En plan :

Le 24/06/2024 à 14:11 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	292563.870	4062932.390
D1	GIS = 1.627°	114.232			
			114.232	292567.114	4063046.576
L1	A = 100.000 Rf= 125.000 L = 80.000				
			194.232	292560.895	4063125.970
	XC= 292441.171 YC= 4063090.034 R = 125.000 L = 99.926				
			294.158	292498.871	4063200.920
	Rd= 125.000 A = 100.000 L = 80.000	259.926			
			374.158	292422.043	4063221.883
D2	GIS = 279.155°	151.514			
			525.672	292272.459	4063245.991
L2	A = 100.000 Rf= -125.000 L = 80.000				
			605.672	292195.631	4063266.953
	XC= 292253.330 YC= 4063377.839 R = -125.000 L = 9.707				
			615.379	292187.202	4063271.764
	Rd= -125.000 A = 100.000 L = 80.000	169.707			
			695.379	292130.079	4063327.251
D3	GIS = 320.274°	64.904			
			760.283	292088.598	4063377.170
L3	A = 100.000 Rf= 125.000 L = 80.000				
			840.283	292031.475	4063432.657
	XC= 291965.347 YC= 4063326.582 R = 125.000 L = 5.192				
			845.475	292027.013	4063435.312
	Rd= 125.000 A = 100.000 L = 80.000	165.192			
			925.475	291950.992	4063459.035
D4	GIS = 281.225°	62.608			
			988.083	291889.582	4063471.223
L4	A = 100.000 Rf= -125.000 L = 80.000				
			1068.083	291813.561	4063494.946

Le 24/06/2024 à 14:11 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	XC= 291875.227 YC= 4063603.676 R = -125.000 L = 50.747				
			1118.830	291775.634	4063528.137
	Rd= -125.000 A = 100.000 L = 80.000	210.747			
			1198.830	291742.040	4063600.341
D5	GIS = 341.155°	319.568			
			1518.398	291638.817	4063902.779
L5	A = 163.000 Rf= 252.000 L = 105.433				
			1623.831	291597.974	4063999.757
	XC= 291381.585 YC= 4063870.606 R = 252.000 L = 13.200				
			1637.030	291590.915	4064010.909
	Rd= 252.000 A = 163.000 L = 105.433	224.065			
			1742.463	291520.745	4064089.324
D6	GIS = 314.182°	160.296			
			1902.759	291405.793	4064201.042
L6	A = 163.000 Rf= -252.000 L = 105.433				
			2008.191	291335.622	4064279.457
	XC= 291544.953 YC= 4064419.760 R = -252.000 L = 82.346				
			2090.538	291301.664	4064354.074
	Rd= -252.000 A = 163.000 L = 105.433	293.212			
			2195.970	291288.626	4064458.491
D7	GIS = 356.877°	85.068			
			2281.038	291283.991	4064543.432
L7	A = 163.000 Rf= 252.000 L = 105.433				
			2386.471	291270.954	4064647.849
	XC= 291027.665 YC= 4064582.163 R = 252.000 L = 201.927				
			2588.398	291149.759	4064802.610
	Rd= 252.000				

Le 24/06/2024 à 14:11 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

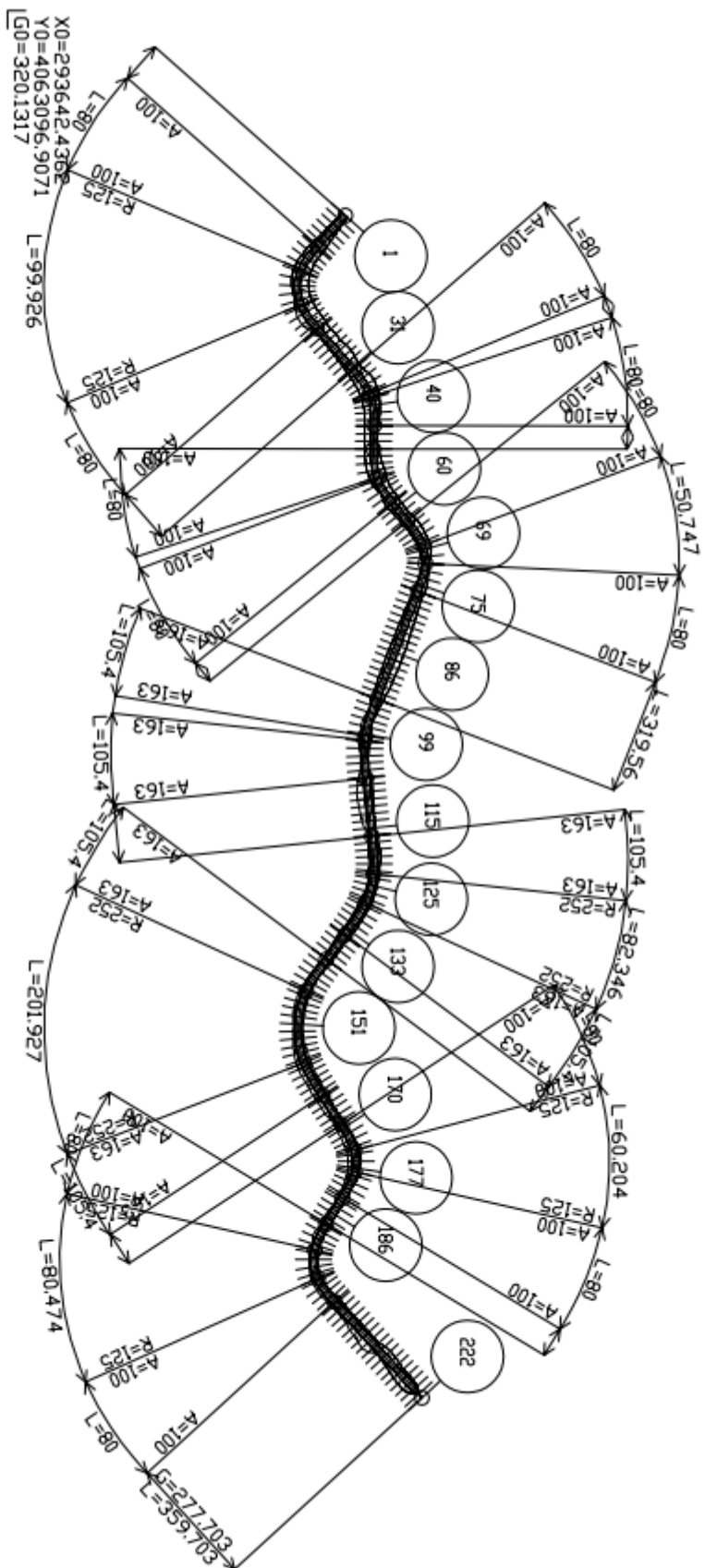
AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	A = 163.000 L = 105.433	412.792			
			2693.831	291051.513	4064840.299
D8	GIS = 286.994°	95.093			
			2788.923	290960.572	4064868.092
L8	A = 100.000 Rf= -125.000 L = 80.000				
			2868.923	290887.321	4064899.337
	XC= 290959.604 YC= 4065001.318 R = -125.000 L = 60.204				
			2929.127	290848.304	4064944.421
	Rd= -125.000 A = 100.000 L = 80.000	220.204			
			3009.127	290827.897	4065021.399
D9	GIS = 351.259°	84.338			
			3093.465	290815.080	4065104.757
L9	A = 100.000 Rf= 125.000 L = 80.000				
			3173.465	290794.673	4065181.734
	XC= 290683.373 YC= 4065124.838 R = 125.000 L = 80.474				
			3253.939	290738.242	4065237.151
	Rd= 125.000 A = 100.000 L = 80.000	240.474			
			3333.939	290660.907	4065256.159
D10	GIS = 277.703°	359.703			
			3693.642	290304.450	4065304.370
LONGUEUR DE L'AXE 3693.642					

TABULA 2.PIS

LICENCE : 1504

ECHELLE 1/20000



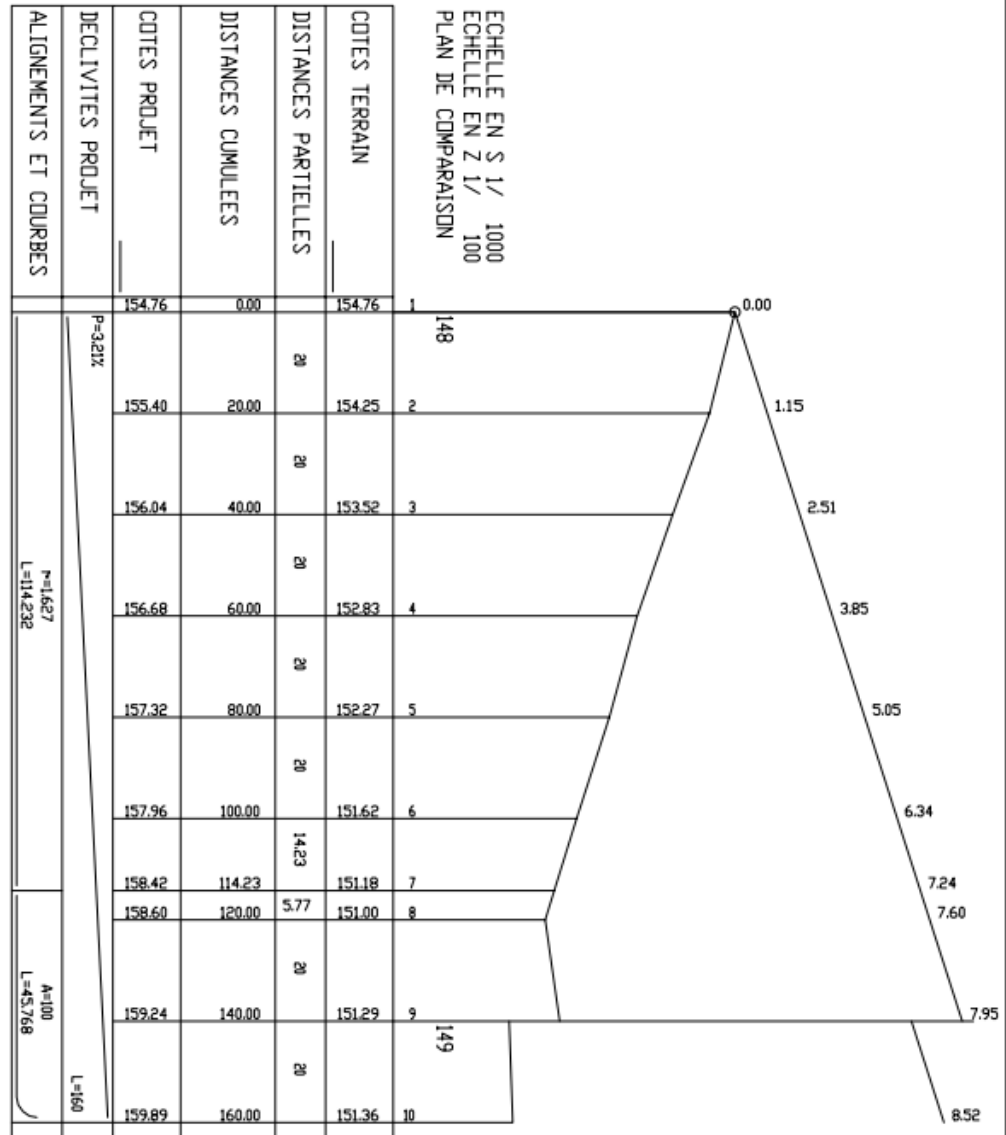
Profile en long :

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	154.756
D1	PENTE= 3.206 %	198.167		
			198.167	161.109
PR1	S= 358.4715 Z= 163.6787 R = -5000.00	243.666		
			441.833	162.984
D2	PENTE= -1.667 %	1415.843		
			1857.676	139.379
PR2	S= 1941.0371 Z= 138.6836 R = 5000.00	4.648		
			1862.324	139.303
D3	PENTE= -1.574 %	857.917		
			2720.241	125.797
PR3	S= 2798.9538 Z= 125.1778 R = 5000.00	79.518		
			2799.759	125.178
D4	PENTE= 0.016 %	893.883		
			3693.642	125.322
LONGUEUR DE L'AXE 3693.642				

TABULA 2.PIS



Térrassement :

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	13.4	141.0	0.0	0.0
2	20.000	329.8	0.0	0.0	0.0
3	40.000	755.8	0.0	0.0	0.0
4	60.000	1575.8	0.0	0.0	0.0
5	80.000	2204.5	0.0	0.0	0.0
6	100.000	2628.3	0.0	0.0	0.0
7	114.232	1890.1	0.0	0.0	0.0
8	120.000	2603.6	0.0	0.0	0.0
9	140.000	4471.0	0.0	0.0	0.0
10	160.000	4930.7	0.0	0.0	0.0
11	180.000	4976.1	0.0	0.0	0.0
12	194.232	3066.3	0.0	0.0	0.0
13	200.000	4004.4	0.0	0.0	0.0
14	220.000	5513.5	0.0	0.0	0.0
15	240.000	5262.3	0.0	0.0	0.0
16	260.000	4571.6	0.0	0.0	0.0
17	280.000	2617.0	0.0	0.0	0.0
18	294.158	1357.4	444.2	0.0	0.0
19	300.000	1832.3	815.6	0.0	0.0
20	320.000	2191.9	2492.5	0.0	0.0
21	340.000	3472.9	2113.2	0.0	0.0
22	360.000	3794.6	406.3	0.0	0.0
23	374.158	2958.7	0.0	0.0	0.0
24	380.000	4026.8	0.0	0.0	0.0
25	400.000	5309.5	0.0	0.0	0.0
26	420.000	5018.9	0.0	0.0	0.0
27	440.000	5220.9	0.0	0.0	0.0
28	460.000	5401.8	0.0	0.0	0.0
29	480.000	5817.0	0.0	0.0	0.0
30	500.000	6343.3	0.0	0.0	0.0
31	520.000	4182.5	0.0	0.0	0.0
32	525.672	3244.5	0.0	0.0	0.0
33	540.000	6005.1	0.0	0.0	0.0
34	560.000	7845.3	0.0	0.0	0.0
35	580.000	8662.6	0.0	0.0	0.0
36	600.000	5418.2	0.0	0.0	0.0
37	605.672	3221.0	0.0	0.0	0.0
38	615.379	2974.8	0.0	0.0	0.0
39	620.000	5019.7	0.0	0.0	0.0
40	640.000	7710.0	0.0	0.0	0.0
41	660.000	7311.7	0.0	0.0	0.0
42	680.000	6170.6	0.0	0.0	0.0
43	695.379	3499.3	0.0	0.0	0.0
44	700.000	4293.6	0.0	0.0	0.0
45	720.000	6642.5	0.0	0.0	0.0
46	740.000	6287.5	0.0	0.0	0.0
47	760.000	3297.4	0.0	0.0	0.0
48	760.283	3259.8	0.0	0.0	0.0
49	780.000	6811.3	0.0	0.0	0.0
50	800.000	6952.6	0.0	0.0	0.0
51	820.000	6399.8	0.0	0.0	0.0
52	840.000	2961.2	0.0	0.0	0.0
53	840.283	795.9	0.0	0.0	0.0
54	845.475	2762.0	0.0	0.0	0.0
55	860.000	4290.8	0.0	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
56	880.000	4341.7	0.0	0.0	0.0
57	900.000	4342.1	0.0	0.0	0.0
58	920.000	2693.2	0.0	0.0	0.0
59	925.475	2093.5	0.0	0.0	0.0
60	940.000	3368.2	0.0	0.0	0.0
61	960.000	3391.1	0.0	0.0	0.0
62	980.000	2114.3	0.0	0.0	0.0
63	988.083	1421.8	0.0	0.0	0.0
64	1000.000	2075.0	0.0	0.0	0.0
65	1020.000	2359.0	0.0	0.0	0.0
66	1040.000	1948.4	0.0	0.0	0.0
67	1060.000	1197.8	0.0	0.0	0.0
68	1068.083	798.9	0.0	0.0	0.0
69	1080.000	1073.2	0.0	0.0	0.0
70	1100.000	651.1	0.0	0.0	0.0
71	1118.830	103.4	0.0	0.0	0.0
72	1120.000	101.1	0.0	0.0	0.0
73	1140.000	157.3	2.7	0.0	0.0
74	1160.000	364.8	0.0	0.0	0.0
75	1180.000	888.7	0.0	0.0	0.0
76	1198.830	500.1	0.0	0.0	0.0
77	1200.000	530.2	0.0	0.0	0.0
78	1220.000	1415.2	0.0	0.0	0.0
79	1240.000	1710.9	0.0	0.0	0.0
80	1260.000	2090.3	0.0	0.0	0.0
81	1280.000	2636.2	0.0	0.0	0.0
82	1300.000	3654.2	0.0	0.0	0.0
83	1320.000	4258.6	0.0	0.0	0.0
84	1340.000	4365.2	0.0	0.0	0.0
85	1360.000	4553.1	0.0	0.0	0.0
86	1380.000	4679.0	0.0	0.0	0.0
87	1400.000	4325.2	0.0	0.0	0.0
88	1420.000	4148.5	0.0	0.0	0.0
89	1440.000	4139.1	0.0	0.0	0.0
90	1460.000	3970.9	0.0	0.0	0.0
91	1480.000	3205.8	0.0	0.0	0.0
92	1500.000	2265.0	0.0	0.0	0.0
93	1518.398	787.6	0.0	0.0	0.0
94	1520.000	813.4	0.0	0.0	0.0
95	1540.000	489.6	30.4	0.0	0.0
96	1560.000	231.6	253.4	0.0	0.0
97	1580.000	0.0	674.3	0.0	0.0
98	1600.000	0.0	1055.8	0.0	0.0
99	1620.000	0.0	674.7	0.0	0.0
100	1623.831	0.0	473.3	0.0	0.0
101	1637.030	0.0	411.7	0.0	0.0
102	1640.000	0.0	554.8	0.0	0.0
103	1660.000	0.0	638.3	0.0	0.0
104	1680.000	0.0	192.8	0.0	0.0
105	1700.000	25.4	195.8	0.0	0.0
106	1720.000	0.0	683.5	0.0	0.0
107	1740.000	0.0	1580.6	0.0	0.0
108	1742.463	0.0	1570.1	0.0	0.0
109	1760.000	0.0	4785.5	0.0	0.0
110	1780.000	0.0	6758.3	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
111	1800.000	0.0	6922.1	0.0	0.0
112	1820.000	0.0	5588.5	0.0	0.0
113	1840.000	0.0	3959.5	0.0	0.0
114	1860.000	0.0	1602.3	0.0	0.0
115	1880.000	0.0	296.4	0.0	0.0
116	1900.000	156.6	53.0	0.0	0.0
117	1902.759	178.4	33.5	0.0	0.0
118	1920.000	861.8	0.0	0.0	0.0
119	1940.000	1510.0	0.0	0.0	0.0
120	1960.000	1677.7	0.0	0.0	0.0
121	1980.000	1561.5	0.0	0.0	0.0
122	2000.000	1001.7	0.0	0.0	0.0
123	2008.191	711.9	0.0	0.0	0.0
124	2020.000	1119.5	0.0	0.0	0.0
125	2040.000	1298.0	0.0	0.0	0.0
126	2060.000	1265.2	0.0	0.0	0.0
127	2080.000	1742.4	0.0	0.0	0.0
128	2090.538	1090.6	0.0	0.0	0.0
129	2100.000	1557.7	0.0	0.0	0.0
130	2120.000	2239.7	0.0	0.0	0.0
131	2140.000	2051.0	0.0	0.0	0.0
132	2160.000	1827.0	0.0	0.0	0.0
133	2180.000	1630.7	0.0	0.0	0.0
134	2195.970	857.7	0.0	0.0	0.0
135	2200.000	1003.4	0.0	0.0	0.0
136	2220.000	1584.6	0.0	0.0	0.0
137	2240.000	1654.2	0.0	0.0	0.0
138	2260.000	1238.1	0.0	0.0	0.0
139	2280.000	448.3	0.7	0.0	0.0
140	2281.038	412.6	0.8	0.0	0.0
141	2300.000	475.1	31.0	0.0	0.0
142	2320.000	168.4	187.0	0.0	0.0
143	2340.000	0.0	475.3	0.0	0.0
144	2360.000	0.0	890.5	0.0	0.0
145	2380.000	0.0	886.9	0.0	0.0
146	2386.471	0.0	747.3	0.0	0.0
147	2400.000	0.0	1611.0	0.0	0.0
148	2420.000	0.0	1958.9	0.0	0.0
149	2440.000	0.0	2107.1	0.0	0.0
150	2460.000	0.0	1626.2	0.0	0.0
151	2480.000	0.0	524.8	0.0	0.0
152	2500.000	0.0	508.1	0.0	0.0
153	2520.000	0.0	839.4	0.0	0.0
154	2540.000	0.0	1399.8	0.0	0.0
155	2560.000	0.0	2157.0	0.0	0.0
156	2580.000	0.0	2085.0	0.0	0.0
157	2588.398	0.0	1612.1	0.0	0.0
158	2600.000	0.0	2823.6	0.0	0.0
159	2620.000	0.0	3724.1	0.0	0.0
160	2640.000	0.0	3504.8	0.0	0.0
161	2660.000	0.0	3377.7	0.0	0.0
162	2680.000	0.0	2718.8	0.0	0.0
163	2693.831	0.0	1339.3	0.0	0.0
164	2700.000	0.0	1615.5	0.0	0.0
165	2720.000	0.0	2062.4	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
166	2740.000	0.0	864.1	0.0	0.0
167	2760.000	0.0	372.3	0.0	0.0
168	2780.000	0.0	582.5	0.0	0.0
169	2788.923	0.0	571.6	0.0	0.0
170	2800.000	0.0	1205.5	0.0	0.0
171	2820.000	0.0	2132.0	0.0	0.0
172	2840.000	0.0	2398.7	0.0	0.0
173	2860.000	0.0	1865.0	0.0	0.0
174	2868.923	0.0	1423.8	0.0	0.0
175	2880.000	0.0	2060.7	0.0	0.0
176	2900.000	0.0	2241.5	0.0	0.0
177	2920.000	0.0	1491.4	0.0	0.0
178	2929.127	0.0	977.3	0.0	0.0
179	2940.000	0.0	1467.1	0.0	0.0
180	2960.000	0.0	1749.5	0.0	0.0
181	2980.000	0.0	984.1	0.0	0.0
182	3000.000	0.0	662.4	0.0	0.0
183	3009.127	0.0	415.5	0.0	0.0
184	3020.000	3.0	431.7	0.0	0.0
185	3040.000	0.0	606.8	0.0	0.0
186	3060.000	0.0	683.1	0.0	0.0
187	3080.000	0.0	617.7	0.0	0.0
188	3093.465	13.6	278.8	0.0	0.0
189	3100.000	31.1	235.2	0.0	0.0
190	3120.000	56.5	468.2	0.0	0.0
191	3140.000	2.8	1325.8	0.0	0.0
192	3160.000	17.1	430.3	0.0	0.0
193	3173.465	0.0	174.0	0.0	0.0
194	3180.000	10.6	75.0	0.0	0.0
195	3200.000	30.0	66.7	0.0	0.0
196	3220.000	0.0	869.8	0.0	0.0
197	3240.000	0.0	1396.8	0.0	0.0
198	3253.939	0.0	795.8	0.0	0.0
199	3260.000	0.0	1077.3	0.0	0.0
200	3280.000	0.0	1768.9	0.0	0.0
201	3300.000	0.0	1493.3	0.0	0.0
202	3320.000	12.4	708.6	0.0	0.0
203	3333.939	70.2	167.1	0.0	0.0
204	3340.000	137.4	171.0	0.0	0.0
205	3360.000	246.8	491.2	0.0	0.0
206	3380.000	358.4	551.3	0.0	0.0
207	3400.000	408.1	692.8	0.0	0.0
208	3420.000	591.0	1067.7	0.0	0.0
209	3440.000	599.4	958.3	0.0	0.0
210	3460.000	634.2	1119.1	0.0	0.0
211	3480.000	414.5	1470.7	0.0	0.0
212	3500.000	816.7	652.6	0.0	0.0
213	3520.000	891.2	212.5	0.0	0.0
214	3540.000	3284.0	0.0	0.0	0.0
215	3560.000	2589.6	0.0	0.0	0.0
216	3580.000	4374.4	0.0	0.0	0.0
217	3600.000	4775.1	0.0	0.0	0.0
218	3620.000	4611.8	0.0	0.0	0.0
219	3640.000	3229.7	0.0	0.0	0.0
220	3660.000	1506.8	0.0	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:13 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
221	3680.000				
222	3693.642				
		381500	130742	0	0

Chausseé :

Le 24/06/2024 à 14:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	63.8	28.0	8.4	0.0	0.0
2	20.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
3	40.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
4	60.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
5	80.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
6	100.000	110.3	47.9	14.4	0.0	0.0
7	114.232	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
8	120.000	83.0	36.1	10.8	0.0	0.0
9	140.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
10	160.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
11	180.000	110.3	47.9	14.4	0.0	0.0
12	194.232	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
13	200.000	83.0	36.1	10.8	0.0	0.0
14	220.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
15	240.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
16	260.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
17	280.000	110.0	47.8	14.3	0.0	0.0
18	294.158	63.8	28.0	8.4	0.0	0.0
19	300.000	82.4	36.2	10.9	0.0	0.0
20	320.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
21	340.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
22	360.000	109.0	47.8	14.3	0.0	0.0
23	374.158	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
24	380.000	83.2	36.2	10.9	0.0	0.0
25	400.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
26	420.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
27	440.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
28	460.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
29	480.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
30	500.000	128.7	56.0	16.8	0.0	0.0
31	520.000	82.1	35.9	10.8	0.0	0.0
32	525.672	63.8	28.0	8.4	0.0	0.0
33	540.000	109.7	48.1	14.4	0.0	0.0
34	560.000	128.2	56.0	16.8	0.0	0.0
35	580.000	128.7	56.0	16.8	0.0	0.0
36	600.000	82.3	35.9	10.8	0.0	0.0
37	605.672	49.3	21.5	6.5	0.0	0.0
38	615.379	45.9	20.1	6.0	0.0	0.0
39	620.000	78.7	34.5	10.3	0.0	0.0
40	640.000	127.2	56.0	16.8	0.0	0.0
41	660.000	126.7	56.0	16.8	0.0	0.0
42	680.000	111.6	49.5	14.9	0.0	0.0
43	695.379	62.9	28.0	8.4	0.0	0.0
44	700.000	77.4	34.5	10.3	0.0	0.0
45	720.000	125.5	56.0	16.8	0.0	0.0
46	740.000	125.4	56.0	16.8	0.0	0.0
47	760.000	63.8	28.4	8.5	0.0	0.0
48	760.283	63.0	28.0	8.4	0.0	0.0
49	780.000	125.8	55.6	16.7	0.0	0.0
50	800.000	127.5	56.0	16.8	0.0	0.0
51	820.000	128.3	56.0	16.8	0.0	0.0
52	840.000	65.3	28.4	8.5	0.0	0.0
53	840.283	17.6	7.7	2.3	0.0	0.0
54	845.475	63.5	27.6	8.3	0.0	0.0
55	860.000	110.2	48.3	14.5	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504
 C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
56	880.000	125.9	56.0	16.8	0.0	0.0
57	900.000	127.0	56.0	16.8	0.0	0.0
58	920.000	81.8	35.7	10.7	0.0	0.0
59	925.475	64.3	28.0	8.4	0.0	0.0
60	940.000	111.2	48.3	14.5	0.0	0.0
61	960.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
62	980.000	90.5	39.3	11.8	0.0	0.0
63	988.083	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
64	1000.000	102.8	44.7	13.4	0.0	0.0
65	1020.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
66	1040.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
67	1060.000	90.5	39.3	11.8	0.0	0.0
68	1068.083	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
69	1080.000	102.8	44.7	13.4	0.0	0.0
70	1100.000	125.1	54.4	16.3	0.0	0.0
71	1118.830	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
72	1120.000	68.2	29.6	8.9	0.0	0.0
73	1140.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
74	1160.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
75	1180.000	125.1	54.4	16.3	0.0	0.0
76	1198.830	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
77	1200.000	68.2	29.6	8.9	0.0	0.0
78	1220.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
79	1240.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
80	1260.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
81	1280.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
82	1300.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
83	1320.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
84	1340.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
85	1360.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
86	1380.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
87	1400.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
88	1420.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
89	1440.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
90	1460.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
91	1480.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
92	1500.000	123.7	53.8	16.1	0.0	0.0
93	1518.398	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
94	1520.000	69.6	30.2	9.1	0.0	0.0
95	1540.000	128.2	56.0	16.8	0.0	0.0
96	1560.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
97	1580.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
98	1600.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
99	1620.000	75.4	33.4	10.0	0.0	0.0
100	1623.831	53.9	23.8	7.2	0.0	0.0
101	1637.030	51.1	22.6	6.8	0.0	0.0
102	1640.000	72.6	32.2	9.6	0.0	0.0
103	1660.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
104	1680.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
105	1700.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
106	1720.000	124.3	56.0	16.8	0.0	0.0
107	1740.000	71.0	31.4	9.4	0.0	0.0
108	1742.463	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
109	1760.000	118.7	52.6	15.8	0.0	0.0
110	1780.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
111	1800.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
112	1820.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
113	1840.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
114	1860.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
115	1880.000	124.5	56.0	16.8	0.0	0.0
116	1900.000	70.1	31.9	9.6	0.0	0.0
117	1902.759	61.6	28.0	8.4	0.0	0.0
118	1920.000	120.0	52.1	15.6	0.0	0.0
119	1940.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
120	1960.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
121	1980.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
122	2000.000	90.8	39.5	11.8	0.0	0.0
123	2008.191	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
124	2020.000	102.5	44.5	13.4	0.0	0.0
125	2040.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
126	2060.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
127	2080.000	98.4	42.8	12.8	0.0	0.0
128	2090.538	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
129	2100.000	94.9	41.2	12.4	0.0	0.0
130	2120.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
131	2140.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
132	2160.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
133	2180.000	115.9	50.4	15.1	0.0	0.0
134	2195.970	64.4	28.0	8.4	0.0	0.0
135	2200.000	77.4	33.6	10.1	0.0	0.0
136	2220.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
137	2240.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
138	2260.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
139	2280.000	67.5	29.5	8.8	0.0	0.0
140	2281.038	63.9	28.0	8.4	0.0	0.0
141	2300.000	120.5	54.5	16.4	0.0	0.0
142	2320.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
143	2340.000	127.5	56.0	16.8	0.0	0.0
144	2360.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
145	2380.000	83.7	37.1	11.1	0.0	0.0
146	2386.471	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
147	2400.000	106.0	46.9	14.1	0.0	0.0
148	2420.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
149	2440.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
150	2460.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
151	2480.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
152	2500.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
153	2520.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
154	2540.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
155	2560.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
156	2580.000	89.8	39.8	11.9	0.0	0.0
157	2588.398	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
158	2600.000	99.9	44.2	13.3	0.0	0.0
159	2620.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
160	2640.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
161	2660.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
162	2680.000	107.0	47.4	14.2	0.0	0.0
163	2693.831	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
164	2700.000	82.8	36.6	11.0	0.0	0.0
165	2720.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
166	2740.000	121.8	56.0	16.8	0.0	0.0
167	2760.000	127.5	56.0	16.8	0.0	0.0
168	2780.000	91.5	40.5	12.1	0.0	0.0
169	2788.923	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
170	2800.000	98.3	43.5	13.1	0.0	0.0
171	2820.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
172	2840.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
173	2860.000	91.5	40.5	12.1	0.0	0.0
174	2868.923	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
175	2880.000	98.3	43.5	13.1	0.0	0.0
176	2900.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
177	2920.000	92.1	40.8	12.2	0.0	0.0
178	2929.127	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
179	2940.000	97.6	43.2	13.0	0.0	0.0
180	2960.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
181	2980.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
182	3000.000	92.1	40.8	12.2	0.0	0.0
183	3009.127	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
184	3020.000	98.5	43.2	13.0	0.0	0.0
185	3040.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
186	3060.000	124.3	56.0	16.8	0.0	0.0
187	3080.000	105.7	46.9	14.1	0.0	0.0
188	3093.465	63.8	28.0	8.4	0.0	0.0
189	3100.000	84.7	37.1	11.1	0.0	0.0
190	3120.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
191	3140.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
192	3160.000	106.9	46.9	14.1	0.0	0.0
193	3173.465	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
194	3180.000	84.6	37.1	11.1	0.0	0.0
195	3200.000	127.6	56.0	16.8	0.0	0.0
196	3220.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
197	3240.000	107.3	47.5	14.3	0.0	0.0
198	3253.939	63.2	28.0	8.4	0.0	0.0
199	3260.000	82.4	36.5	10.9	0.0	0.0
200	3280.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
201	3300.000	126.5	56.0	16.8	0.0	0.0
202	3320.000	108.3	47.5	14.3	0.0	0.0
203	3333.939	63.8	28.0	8.4	0.0	0.0
204	3340.000	83.2	36.5	10.9	0.0	0.0
205	3360.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
206	3380.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
207	3400.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
208	3420.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
209	3440.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
210	3460.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
211	3480.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
212	3500.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
213	3520.000	127.7	56.0	16.8	0.0	0.0
214	3540.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
215	3560.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
216	3580.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
217	3600.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
218	3620.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
219	3640.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0
220	3660.000	128.8	56.0	16.8	0.0	0.0

Le 24/06/2024 à 14:14 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1504

C:\Users\HP\Desktop\ray\TABULA~2.PIS

VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
221	3680.000					
222	3693.642					
		23423	10276	3083	0	0