

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Civil engineering department



N° d'ordre : M/GCA/2026

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : VOA

Thème

**Etude de La Route Reliant RN118 Hassi Tidjran à Hassi Bahamou
sur 102 Kms Wilaya de Timimoun
Lot 1 du PK 0+000 Au PK 13+000**

Présenté par : BENSEDDIK BACHIR CHERIF

BENARROUM HAMOU ABDELILAH

Soutenu le 28/ 06/ 2026 devant le jury composé de :

Présidente : Mme. EL MASCRI SETTI

Examineur : Mr. TALIA AHMED

Encadrant : Mr. ROUAM SERIK MOHAMED

Promotion: 2025/2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à **ALLAH le Tout-Puissant**, qui nous a insufflé la force, la volonté et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce projet de fin d'études.

Nous exprimons notre plus vive gratitude à notre encadreur,

Mr. ROUAM SERIK MOHAMED.

Ses conseils avisés, sa disponibilité constante et ses précieuses remarques ont été essentiels pour guider nos pas et nous permettre d'accomplir ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement les **membres du jury** qui ont honoré notre démarche en acceptant d'évaluer et de juger ce modeste travail.

Dédicace :

Au terme de ce parcours académique, nous dédions ce modeste travail avec une profonde gratitude :

- ❖ **À nos très chers parents :** Les piliers de nos vies, dont les sacrifices silencieux, l'amour inconditionnel et les prières ont éclairé nos pas et guidé nos ambitions.
- ❖ **À nos frères et sœurs :** Nos repères et complices de toujours, pour leur soutien indéfectible et leur présence réconfortante à chaque étape.
- ❖ **À nos collègues de l'université :** Compagnons d'esprit et de route, avec qui nous avons partagé les défis, les doutes et les grandes victoires intellectuelles.
- ❖ **À nos amis précieux :** Ceux qui ont su prêter une oreille attentive, offrir un sourire et insuffler l'énergie nécessaire pour ne jamais abandonner.
- ❖ **À toutes les âmes bienveillantes :** Qui, de près ou de loin, ont cru en nous et ont contribué à faire de ce projet une réalité.

Merci à vous tous.

Mr. BENSEDDIK

Dédicace :

- ❖ Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon père, qu'Allah lui fasse miséricorde, qui a toujours été pour moi un soutien et une source de motivation tout au long de mon parcours.
- ❖ Qu'Allah l'accueille dans Son vaste paradis. J'adresse également mes plus sincères remerciements à ma chère mère, qu'Allah la protège et lui accorde une longue vie, pour ses prières, sa patience et son soutien permanent dans toutes les étapes de ma vie. Je tiens aussi à remercier chaleureusement mon grand frère, en lui souhaitant un prompt rétablissement et une bonne santé, pour son aide et son encouragement constants.
- ❖ Mes remerciements vont également à mon petit frère pour son soutien et ses encouragements permanents. Je n'oublie pas mes deux sœurs, à qui j'adresse toute ma reconnaissance pour leur soutien moral et leur présence à mes côtés durant tout ce parcours.
- ❖ Enfin, je remercie toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci

Mr. BENARROUM

Résumé :

Ce projet s'inscrit dans le cadre des infrastructures de transport, plus particulièrement dans le domaine routier, le réseau routier étant un élément clé qui relie les différentes régions du pays et contribue à son développement socio-économique et commercial.

Le projet présente une étude pour la réalisation de la route reliant RN118 **Hassi tidjran à Hassi Bahamou (Wilaya de Timimoun)**. Il s'agit du premier lot d'une longueur totale de 102 km, ciblant spécifiquement le tronçon allant du point kilométrique **PK 00+000** au point kilométrique **PK 13+000** (sur un linéaire de 13 km).

Cette étude est structurée en deux parties :

-Première partie : Une étude bibliographique sur les routes sahariennes.

-Deuxième partie : Une étude géométrique et géotechnique.

Abstract :

This project falls within the field of transport infrastructure, specifically road engineering. Roads serve as a vital link connecting different regions of the country, contributing to its development through various economic activities and trade.

The project presents a study for the construction of the road linking RN118 **Hassi Tidjran and Hassi Bahamou(Timimoun Province)**. This study focuses on the first section of a total 102 km road, specifically covering the stretch from kilometer point **PK 00+000** to kilometer point **PK 13+000** (spanning 13 km).

The study consists of two main parts :

-Part One: A bibliographic (literature) review on Saharan roads.

-Part Two: A geometric and geotechnical study.

ملخص:

يندرج هذا المشروع في إطار البنية التحتية للنقل، وتحديدًا في مجال هندسة الطرق، باعتبارها شرياناً حيوياً يربط بين مختلف مناطق الوطن ويساهم في دفع عجلة التنمية الاقتصادية والتبادل التجاري

تتمحور الدراسة حول إنشاء الطريق الرابط بين RN118 حاسي تيجران و حاسي باحمو (ولاية تيميمون)

وذلك في شطره الأول الممتد على طول 102 كم (على امتداد 13 كم) وتحديدًا من النقطة الكيلومترية 00,000 إلى النقطة الكيلومترية 13,000

وقد قُسمت هذه الدراسة إلى جزئين أساسيين:

-الجزء الأول: دراسة بيبليوغرافية (مرجعية) خاصة بطرق المناطق الصحراوية.

-الجزء الثاني: دراسة هندسية وجيوتقنية معمقة للمشروع.

Table des matières :

Résumé :	6
Abstract :	6
ملخص:	6
CHAPITRE I : LES ROUTES SAHARIENNES.	24
I.1. Le Sahara :	25
I.1.1. Géographie et Caractéristiques :	25
I.1.2. Définition et classification du désert :	25
I.2 Géographie physique Caractéristiques générales :	26
I.3 Les Routes Sahariennes En Afrique :	28
I.4 le Sahara algérien :	30
I.5 Les routes sahariennes en Algérie :	31
I.6 Le réseau routier non revêtu :	32
I.7 Généralité Sur Les Piste Sahariennes :	34
I.7.1 Définition La Piste :	34
I.7.2 Particularités des pistes sahariennes :	34
I.7.3 Classification Des Pistes Sahariennes :	34
I.8 Réseau routier saharien :	36
I.9 Contexte Du Sahara Algérien :	36
I.9.1 Contexte Climatique :	36
I.9.2 Nature Des Sols Rencontrés Au Sud :	37
CHAPITRE II	40
PRESENTATION DU PROJET	40
II.1 Présentation Du Projet :	41
II.2 Présentation De La Wilaya De Timimoun :	41
II.3 Justification Du Projet :	42
II.4 Objectifs Du Projet :	43

CHAPITRE III :	44
NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE	44
III.1 Généralités	45
III.2 Environnement De La Route :	45
Les Trois Classes d'Environnement :	45
A) La Dénivelée Cumulée Moyenne :	45
B) Sinuosité :	60
Application Numérique	60
III.3 Catégorie de la route :	61
III.4 La vitesse de référence :	62
CHAPITRE IV :	63
ETUDE DU TRAFIC.	63
IV.1 Généralité :	64
IV.2 Différents Types De Trafic :	64
IV.2.1 Trafic De Transit :	64
IV.2.2 Trafic D'échanger :	64
IV.2.3 Trafic Local :	64
IV.2.4 Trafic Journalier Moyen Annuel (T.J.M.A) :	64
IV.2.5 Unité De Véhicules (U.V.P) :	64
IV.3 Analyse Des Trafics Existants :	65
IV.4 Mesure Des Trafics	65
IV.4.1 Compactage :	65
IV.4.2 Enquêtes : « origine-destination »	66
IV.5 Calcul De La Capacité :	66
IV.6 Calcul Du Trafic Effectif :	66
IV.7 Débit De Pointe Horaire Normal :	67
IV.8 Débit Horaire Admissible :	67

IV.9 Application au projet :	68
IV.9.1 Projection future du projet :	68
IV.9.2Trafic Effectif :	69
IV.9.3 Débit de point horaire normal :	69
IV.9.4 Debit horaire admissible:	69
IV.9.5 Calcul nombre des voies :	70
IV.9.6 Calcul de l'année de saturation de 2x1 voies :	70
CHAPITRE V :	71
PARAMETRES CINEMATIQUE.	71
V.1 Distance De Freinage :	72
V.2 Temps de réaction :	74
V.3 Distance D'arrêt :	75
V.4 Manœuvre De Dépassement	76
V.5 Application Au Projet :	77
V.5.1 Distance de freinage :	77
V.5.2 Distance d'arrêt :	78
CHAPITRES VI : TRACE EN PLAN	79
VI.1 Introduction :	80
VI.2 La Vitesse De Référence (De Base) :	80
VI.2.1 Choix de la vitesse de référence :	80
VI.3 Paramètres Fondamentaux (B40) :	80
VI.4 Les Eléments Du Tracé En Plan :	81
VI.4.1 Alignements droits :	82
VI.5.2 Les arcs de cercle :	82
VI.5 courbes en plan :	83
VI.5.1 Le Rayon Minimal Absolu (RHM min) :	83
VI.5.2Rayon Minimal Normal (RHN) :	83

VI.5.3 Le rayon au devers minimal RHd :	83
VI.5.4 Le rayon non déversé RHnd:.....	84
VI.5.5 Détermination des dévers d max et d min :	84
VI.5.6 Détermination du coefficient transversal ft :.....	84
VI.5.7 Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :	84
VI.5.8 Rayons en plan d'après les normes B40 :	85
VI.5.9 Visibilité en courbe :	86
VI.5.10 Sur largeur Un long	86
VI.6 Courbes de raccordements :.....	86
VI.6.1 Clothoïde	86
VI.6.2 Expression mathématique de la Clothoïde	87
VI.6.3 Longueur de la Clothoïde	88
VI.6.4 Vérification de non-chevauchement :	89
VI.7 Conclusion:.....	90
CHAPITRES VII :	91
PROFIL EN LONG.	91
VII.1 Définition :	92
VII.2 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :.....	92
VII.3 Éléments de composition du profil en long.....	93
VII.4 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :.....	93
VII.5 Déclivité :	93
VII.5.1 Déclivité minimum :	93
VII.5.2 Déclivité maximum :.....	93
VII.6 Les raccordements en profil en long :	94
VII.6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :	94
VII.6.1.1 Condition de confort :	95
VII.6.1.2 Condition de visibilité :.....	95

VII.6.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :	96
VII.7 Détermination pratique du profil en long :	97
VII.7.1 Détermination de La position du point de rencontre (S) :	97
VII.8 Calculs de La tangente :	98
VII.9 Projection horizontale de la longueur de raccordement :	98
VII.9.1 Calcul de la flèche :	98
VII.9.2 Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :	98
VII.9.3 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :	98
VII.10 Exemple de calcul de profil en long Rentrant :	99
CHAPITRES VIII :	100
PROFIL EN TRAVERS.	100
VIII.1 Généralités :	101
VIII.1.1 La chaussée :	101
VIII.1.2 Les accotements :	101
VIII.1.3 Plate-forme :	101
VIII.1.4 L'assiette :	102
VIII.1.5 L'emprise :	102
VIII.1.6 Le talus :	102
VIII.1.7 Le fossé :	102
VIII.1.8 Le terre-plein central T.P.C :	102
VIII.1.9 La largeur roulable.....	103
VIII.2 Classification Du Profil En Travers :	103
VIII.2.1 Le profil en travers type :	103
VIII.2.2 Le profil en travers courant :	103
VIII.3 Application Numérique Au Projet :	103
CHAPITRE IX : CUBATURES.....	104
IX.1 Généralités :	105

IX.2 Définition :.....	105
IX.3 Méthode De Calcul Des Cubatures :	105
IX.3.1 Formule de Mr SARRAUS :	106
IX.3.2 Méthode de GULDEN :	107
IX.3.3 Méthode linéaire :.....	108
IX.4 Application au projet	108
CHAPITRE X :	109
DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	109
X.1 Introduction.....	110
X.2 La chaussée :	111
X.2.1 Définition :.....	111
X.2.1.1 Définition géométrique :.....	111
X.2.1.2 Définition structurelle :.....	111
X.3 Les Différentes Catégories De Chaussée.	112
X.4 Les Principales Méthodes De Dimensionnement :	113
X.4.1 Coefficient d'équivalence	114
X.5 Application Au Projet :	115
X.5.1 Méthode de l'indice CBR :	115
X.5.2 Calcul d'épaisseur théorique :	115
X.5.3 Calcul des épaisseurs des différentes couches :.....	116
X.5.3.1 Epaisseur équivalente :	116
CHAPITRE XI :	118
LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE.	118
XI.1 Introduction :	119
XI.2 Objectifs de la géotechnique routière :	119
XI.3 Moyens de reconnaissance :	119
XI.4 Réglementation algérienne en géotechnique :	120

XI.5 Les essais en géotechnique :	120
XI.5.1 Essais physiques :	121
XI.5.1.1 Teneur en eau naturelle « W » — NF P 94-050 :	121
XI.5.1.2 Masse volumique — NF P 94-054 / NF P 94-053 :	122
XI.5.1.3 Analyse granulométrique par tamisage :	122
XI.5.1.4 Équivalent de sable — NF P 18-598 :	123
XI.5.1.5 Limites d'Atterberg — NF P 94-051 :	124
XI.5.1.6 Essai d'évaluation des carbonates — NF P 94-048 :	124
XI.5.2 Essais mécaniques :	125
XI.5.2.1 Essai Proctor modifié — NF P 94-093 :	125
XI.5.2.2 Essai CBR — NF P 94-078 :	125
XI.5.2.3 Essais chimiques :	126
XI.5.2.4 Essais des enrobés :	126
CHAPITRE XII :	128
ASSAINISSEMENT.	128
XII.1 Généralités :	129
XII.2 Objectif de l'assainissement :	129
XII.3 Assainissement de la chaussée :	129
XII.3.1 Fossé de pied du talus de déblai :	129
XII.3.2 Fossé de crête de déblai :	130
XII.3.3 Fossé de pied du talus de remblai :	130
XII.3.4 Drain :	130
XII.3.5 Descentes d'eau :	130
XII.4 Définitions des termes hydrauliques :	130
XII.4.1 Bassin versant :	130
XII.4.2 Collecteur principal (canalisation) :	130
XII.4.3 Chambre de visite (cheminée) :	131

XII.4.4 Sacs :	131
CHAPITRE XIII :	132
Signalisation routière et éclairage.	132
XIII.1 Signalisation :	133
XIII.2 Objectifs de la signalisation routière :	133
XIII.3 Critères à respecter pour les signalisations :	133
XIII.4 Types de signalisation :	133
XIII.4.1 Signalisation verticale.....	133
XIII.4.1.1 Signaux de danger	134
XIII.4.1.2 Signaux comportant une prescription absolue.....	134
XIII.4.1.3 Signaux à simple indication.....	134
XIII.4.1.4 Signaux de position des dangers.....	134
XIII.4.2 Signalisation horizontale	134
XIII.4.2.1 Le jaune	134
XIII.4.2.2 Le bleu	134
XIII.4.2.3 Le rouge	134
XIII.4.2.4 La signalisation horizontale se divise en trois types.....	135
XIII.4.3 Autres signalisations.....	136
XIII.4.3.1 Les flèches de rabattement	136
XIII.4.3.2 Les flèches de sélection	136
XIII.5 Application au projet.....	137
XIII.5.1 Les signalisations horizontales	137
XIII.5.2 Les signalisations verticales :	139
XIII.5.3 L'éclairage :	140
XIII.6 Catégorie d'éclairage :	140
XIII.7 Paramètres d'implantation des luminaires	140
XIII.8 Éclairage d'un point singulier.....	141

CHAPITRE XIV : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.	142
XIV.1. Impacts du Projet sur l'Environnement :	143
XIV.1.1. Impacts Positives du Projet	143
XIV.1.2. Impacts Négatifs Identifiés :	143
XIV.2. Plan de Mesures d'Atténuation et de Bonification :	144
XIV.2.1. Mesures de Réduction des Impacts Négatifs :	145
XIV.2.2. Mesures de Renforcement des Impacts Positifs :	146
CHAPITRE XV :	147
DEVIS ESTIMATIF.	147
Conclusion générale :	150
Bibliographie :	151
Annexes :	152

LISTE DES FIGURES :

FIGURE.I. 1:Sahara.	25
FIGURE.I. 2:Géographie physique Caractéristiques.	27
FIGURE.I. 3:Villes et routes du commerce transsaharien.....	28
FIGURE.I. 4:les routes sahariennes en Afrique.....	29
FIGURE.I. 5:Zone d'impact de la route saharienne.....	30
FIGURE.I. 6:Villes et réseaux des routes nationales au Sahara.....	32
FIGURE.I. 7:Consistance du Réseau non Revêtu (RN = 12%, CW= 8%, Cc= 80%)	33
FIGURE.I. 8:Pistes Naturelles.	35
FIGURE.I. 9:Les pistes améliorées.....	35
FIGURE.I. 10:Les pistes élaborées	36
FIGURE.II. 1:Localisation Du Projet.	41
FIGURE.II. 2:Localisation Du Projet.	41
FIGURE.II. 3:Localisation de la wilaya de Timimoun.....	42
FIGURE.II. 4:Relient l'usine avec RN118.	43
FIGURE.V. 1:1Distance de freinage.....	72
FIGURE.V. 2:1Distance de freinage.....	72
FIGURE.V. 3:Temps de réaction.....	74
FIGURE.V. 4:Temps de réaction.....	74
FIGURE.V. 5:Distance d'arrêt.	75
FIGURE.V. 6:Espacement entre véhicules	78
FIGURE.VI. 1:1Elément du tracé en plan.....	81
FIGURE.VI. 2:Elément de la Clothoïde.....	87
FIGURE.VII. 1:Profil En Long.....	92
FIGURE.VII. 2:Raccordement convexe et concave.	94
FIGURE.VII. 3:Visibilité.....	95
FIGURE.VII. 4:Détermination du profil en long.....	97

FIGURE.VIII. 1:Eléments du profil en travers.....	101
FIGURE.IX. 1:Volume déblai, remblai.....	106
FIGURE.IX. 2:calcul volume deblai remblai.....	106
FIGURE.X. 1:Coupe transversale d'une structure de chaussee.....	111
FIGURE.X. 2:Les couches de corps de chaussée.....	117
FIGURE.XI. 1:Essais Teneur en eau.....	121
FIGURE.XI. 2:Analyse granulométrique par tamisage.....	122
FIGURE.XI. 3:Équivalent de sable.....	123
FIGURE.XI. 4:Limites d'Atterberg.....	124
FIGURE.XI. 5:Essai Proctor modifié.....	125
FIGURE.XI. 6:Appareil de l'essai CBR.....	126
FIGURE.XIII. 1:Flèche de sélection.....	137
FIGURE.XIII. 2:Marque sur la chaussée.....	137
FIGURE.XIII. 3:Flèche de rabattement.....	138
FIGURE.XIII. 4:Schéma de signalisation STOP sur chaussée.....	138
FIGURE.XIII. 5:Schémas de marquage par hachures sur le nez d'îlot.....	139
FIGURE.XIII. 6:Les signaux de danger type A.....	139
FIGURE.XIII. 7:Les signaux d'identification des routes type E.....	140
FIGURE.XIII. 8:Paramètres de l'implantation des luminaires.....	141

LISTE DES TABLEAUX :

TABLEAU.I. 1:Le réseau routier des territoires sahariens.	29
TABLEAU.I. 2:Le réseau routier Algérien.....	33
TABLEAU.I. 3:Répartition Du Réseau Routier.....	33
TABLEAU.III. 1:calcul des déclivités.	46
TABLEAU.III. 2:Le Classification du terrain Dénivelée cumulée.	60
TABLEAU.III. 3:sinuosité.....	61
TABLEAU.III. 4:Environnement de la route.....	61
TABLEAU.III. 5: La vitesse de référence.	62
TABLEAU.IV. 1:Valeurs du coefficient P.	67
TABLEAU.IV. 2:Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.	67
TABLEAU.IV. 3:Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.	68
TABLEAU.IV. 4:Valeurs de la capacité théorique.	68
TABLEAU.V. 1:Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.	73
TABLEAU.V. 2:Les valeurs du temps de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr.....	75
TABLEAU.V. 3:Lois de distance d'arrêt.	76
TABLEAU.V. 4:Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.	76
Pour notre projet on a fl : 0.39 (TABLEAU.V. 1).....	77
TABLEAU.VI. 1:Dévers en fonction de l'environnement.	83
TABLEAU.VI. 2:Dévers.	84
TABLEAU.VI. 3:Valeur du coefficient ft.....	84
TABLEAU.VI. 4:Valeur du coefficient « F' ».....	84
TABLEAU.VI. 5:Tableau récapitulatif.....	84
TABLEAU.VI. 6:Les rayons en plan selon B40.....	85
TABLEAU.VI. 7:Les rayons en plan.....	85

TABLEAU.VII. 1:Valeur de déclivité maximale (NormesB40).	94
TABLEAU.VII. 2:Rayons convexes (angle saillant) [B40].	96
TABLEAU.VII. 3:Rayons concaves (angle rentrant).	96
TABLEAU.VII. 4:Les différentes valeurs relatives à notre projet.	99
TABLEAU.X. 1:Les différentes catégories de chaussée.	112
TABLEAU.X. 2:Coefficient d'équivalence des matériaux.	114
TABLEAU.X. 3:Dimensionnement du corps de chaussée.	117
TABLEAU.XIII. 1:Modulation de la ligne continue.	135

LISTE DES ABREVIATIONS :

B40 : Normes Technique d'aménagement des Routes.

ICTAAL : Instruction sur les Condition Techniques d'aménagement Autoroutes de Lisions.

CTTP : Contrôle Technique des Travaux Publics.

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussée.

SETRA : Service d'étude sur les transports, les Routes et leurs Aménagements.

RN : Route Nationale.

CW : Chemin de Wilaya.

CC : Chemins Communaux.

PL : Profil en Long.

TN : Terrain Naturel.

Pk : Point Kilométrique.

T.P.C : Terre-plein Central.

B.D.G : Bande Dérasée Gauche.

B.M : Bande Médiane.

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence.

OPM : Optimum Proctor Modifié.

I.C.B.R : Indice de Portance California (California Bearing Rario).

B.B : Béton Bitumineux.

G.N.T : Grave Non Traité.

G.T : Grave Traité.

B.C : Béton Ciment.

G.B : Grave Bitume.

G.C : Grave Ciment.

A.A.S.H.O : American Association Of Highway Official.

T.G.M.A : Trafic Journalier Moyen Annuel.

U.V.P : unité de véhicule Particulier.

BA : Béton Armé.

N.G.A : Nivellement Général de l'Algérie.

α : Taux d'Accroissement du Trafic (%).

Introduction Générales

Concept de la route et ses dimensions structurelles :

La route représente l'artère principale des réseaux de communication terrestre, et son rôle fondamental réside dans la liaison des différentes régions géographiques entre elles. Techniquement, elle est définie comme une voie terrestre aménagée avec ingénierie pour accueillir la circulation de divers types de véhicules. Sur le plan structurel, elle est définie comme une plateforme technique intégrée composée de plusieurs voies, conçue selon des normes précises pour résister aux charges statiques (poids des véhicules et stationnement) et dynamiques (forces de mouvement et de friction), tant pour les véhicules légers que pour les poids lourds, le tout dans un cadre réglementaire et des standards d'ingénierie rigoureux.

Classifications du réseau routier :

Les routes sont classées selon des déterminants principaux garantissant l'efficacité de la gestion, notamment :

- La classification technique : Elle repose sur les caractéristiques géométriques, la vitesse de référence et le volume du flux de trafic.
- La classification administrative : Elle est soumise aux critères fonctionnels et à l'autorité responsable de l'entretien et du financement, où le réseau national se divise en :
 - Autoroutes (A) : Pour les longues distances et les vitesses élevées.
 - Routes Nationales (RN) : Pour relier les wilayas et les grands centres urbains.
 - Chemins de Wilaya (CW) : Pour la liaison interne entre les zones d'une même wilaya.
 - Chemins Communaux (CC) : Pour desservir les zones résidentielles locale

Impact développemental et stratégique des routes :

Les routes constituent le levier essentiel de la croissance économique et sociale, et leur importance se manifeste par :

- La dynamisation de l'investissement : À travers la stimulation du secteur agricole, la facilitation de la création de zones industrielles et l'exploitation des richesses naturelles.
- L'efficacité logistique : Assurer le transport des personnes et des marchandises avec une grande efficacité, réduisant ainsi les coûts et les délais.
- La prospérité touristique et commerciale : Former une base solide pour les échanges commerciaux internationaux et locaux, ce qui impacte positivement les indicateurs de développement du pays.

- **La modernisation structurelle :** L'État place l'amélioration des infrastructures routières au sommet de ses priorités, étant le moyen le plus vital et le plus sollicité par les usagers du transport.

Cette étude porte sur la conception du projet **d'un tronçon routier (RN118)** sur une distance de **13 km**, reliant la ville de **Timimoun** au **complexe gazier de Hassi Bahamou**.

Justifications du projet :

- **Amélioration de la fluidité du trafic :** Absorbé le flux croissant de véhicules et assurer une meilleure circulation sur cet axe.
- **Soutien à la logistique énergétique :** Répondre à la demande croissante en matière de transport de marchandises et de matériel lourd lié à l'activité gazière et économique de la wilaya.
- **Renforcement de la sécurité routière :** Développer l'infrastructure pour offrir des normes de sécurité plus élevées aux usagers de cet itinéraire stratégique.



CHAPITRE I :

LES ROUTES SAHARIENNES.



I.1. Le Sahara :

I.1.1. Géographie et Caractéristiques :

Le Sahara est considéré comme le plus grand désert chaud au monde, couvrant une superficie d'environ **8,6 millions de km²** au nord de l'Afrique. Il s'étend entre l'océan Atlantique à l'ouest et la mer Rouge à l'est. Malgré son immensité qui englobe **10 pays** arabes et africains, il se caractérise par une faible densité de population, dont la majorité se concentre dans les villes en raison de l'exploitation des ressources naturelles.

I.1.2. Définition et classification du désert :

Les scientifiques définissent le désert comme toute région souffrant d'une rareté de végétation due à la sécheresse et au manque de pluie. Les déserts se divisent mondialement en quatre types principaux :

- **Les déserts subtropicaux :** Chauds et secs toute l'année (comme le Sahara).
- **Les déserts côtiers :** Caractérisés par des hivers froids et des étés chauds.
- **Les déserts à hivers froids :** Disposent d'étés longs et secs et de faibles précipitations en hiver.
- **Les déserts polaires :** Très froids tout au long de l'année.



FIGURE.I. 1:Sahara.

I.2 Géographie physique Caractéristiques générales :

La topographie de l'Afrique du Nord se compose de trois caractéristiques géographiques majeures : le **désert du Sahara** au sud, les **chaînes de montagnes de l'Atlas** à l'ouest, ainsi que le **fleuve et le delta du Nil** à l'est. Les montagnes de l'Atlas s'étendent sur les territoires du Maroc, du nord de l'Algérie et de la Tunisie.

Ces hauts plateaux font partie du système montagneux qui se connecte au sud de l'Europe ; ils descendent progressivement vers le sud et l'est pour se transformer en terres steppiques (zones de steppes) avant de se fondre dans le désert du Sahara, qui occupe plus de 75 % de la superficie totale. Les plus hauts sommets se concentrent dans le **Haut Atlas**, au centre et au sud du Maroc, dont les cimes sont souvent recouvertes de neige.

En direction du sud, à partir des montagnes de l'Atlas, apparaissent les étendues arides du Sahara, classé comme le plus grand désert de sable au monde. Ce désert est traversé par des cours d'eau saisonniers appelés "**oueds**", qui ne coulent qu'après les pluies et restent à sec le reste du temps. Les formes de relief au sein du désert se diversifient pour inclure :

- **Les Ergs** : de vastes étendues de sable prenant la forme de dunes géantes.
- **La Hamada** : des plateaux rocheux élevés dépourvus de terre ou de sable.
- **Le Reg** : des plaines recouvertes de graviers ou de petites pierres.

Le désert s'étend pour couvrir les parties sud du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie et la majeure partie du territoire libyen, à l'exception de deux régions en Libye situées hors du domaine saharien : la **Tripolitaine** au nord-ouest et la **Cyrénaïque** au nord-est. De même, le caractère désertique prédomine sur la majeure partie de l'Égypte, à l'exception de la bande de la vallée du Nil, du delta et des terres irriguées environnantes, où la vallée représente une artère fertile s'étendant sur toute la longueur du pays.

Les vallées protégées des montagnes de l'Atlas, la vallée du Nil et son delta, ainsi que la bande côtière de la mer Méditerranée, constituent le pilier principal des terres agricoles fertiles. Ces régions produisent une large gamme de cultures économiques telles que les céréales, le riz et le coton, en plus de la richesse forestière comme les cèdres et les chênes-lièges. Les cultures méditerranéennes traditionnelles telles que les olives, les figues, les dattes et les agrumes y sont également prééminentes. En raison de la haute fertilité de la vallée du Nil, la majeure partie de la population égyptienne se concentre autour du fleuve, tandis que l'irrigation reste un moyen indispensable pour renforcer la production agricole dans les zones limitrophes des lisières désertiques.



FIGURE.I. 2:Géographie physique Caractéristiques.

La Route Transsaharienne, abrégée sous le nom de Transsaharienne, constitue un axe routier majeur sur le continent africain, orienté principalement du Nord vers le Sud. Ce projet ambitieux vise à renforcer les liens commerciaux et à dynamiser les échanges économiques entre les six pays qu'il traverse : l'Algérie, la Tunisie, le Mali, le Niger, le Nigeria et le Tchad.

D'une longueur d'environ 4 800 kilomètres, elle représente une composante vitale d'un projet plus vaste de réseau routier transafricain lancé dans les années 1960, dont l'objectif est de relier les extrémités du continent via un réseau de grandes routes intégrées.

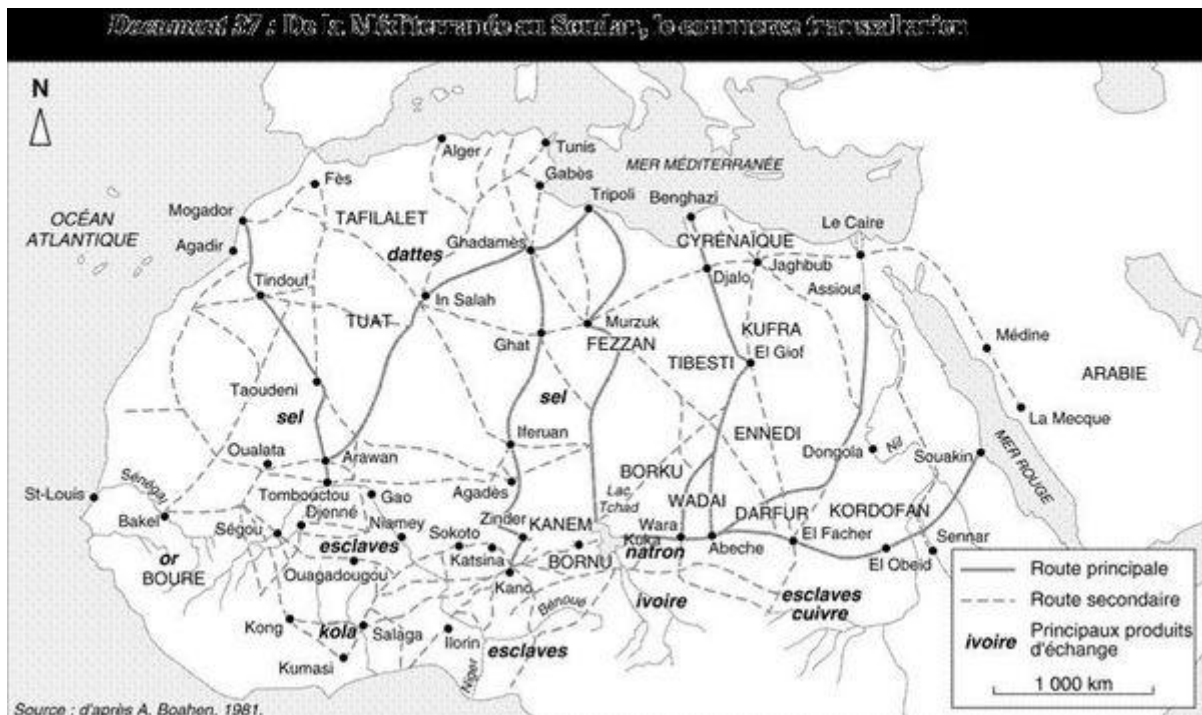


FIGURE.I. 3:Villes et routes du commerce transsaharien.

I.3 Les Routes Sahariennes En Afrique :

Les réseaux routiers sahariens se déploient à travers l'immensité du Sahara, cet espace géant de 8 millions de km² qui sépare l'Afrique du Nord de l'Afrique subsaharienne. Cette zone géographique se répartit sur 11 pays, dont 5 sont membres du "Comité de liaison de la route transsaharienne" : l'Algérie, la Tunisie, le Mali, le Niger et le Tchad. Dans ces nations, les zones désertiques occupent en moyenne plus de 70 % du territoire, marquées par une aridité extrême avec des précipitations ne dépassant pas 100 mm par an. Par conséquent, l'activité agricole y est très limitée, restreinte à des zones exceptionnelles telles que les oasis algériennes, le delta du Niger ou les abords du lac Tchad.

La valeur économique du Sahara repose essentiellement sur l'industrie extractive. Ces richesses se manifestent par le pétrole en Algérie et au Tchad, l'uranium au Niger, ainsi que des métaux précieux disséminés dans diverses régions. La démographie de cette zone se caractérise par des centres de population dispersés et éloignés, souffrant souvent d'enclavement, avec des distances dépassant largement les 1 000 km pour rallier les ports maritimes, que ce soit vers la Méditerranée ou vers le golfe de Guinée.

Concernant le financement des infrastructures, on observe des politiques contrastées selon les pays :

- **Financement extérieur :** Les pays de la rive sud du Sahara en dépendent principalement. Le Niger a notamment utilisé le système de concession dans les années 1970 pour financer la liaison Tahoua-Arlit (650 km).

CHAPITRE I : LES ROUTES SAHARIENNES.

- Système mixte : La Tunisie et l'Algérie combinent budget de l'État et emprunts extérieurs, bien que l'Algérie ait financé la majeure partie de son tronçon de la route transsaharienne (RTS) sur fonds propres.
- Modèle nigérian : Le Nigeria s'est récemment ouvert aux financements extérieurs. Sa section de la RTS (1 200 km) est intégralement revêtue et comprend plus de 300 km de voies en 2x2.
- Quant à l'état du réseau routier, les données révèlent un défi majeur pour le Mali, le Niger, le Tchad et quatre grandes wilayas du sud de l'Algérie : les routes non revêtues dominent encore le paysage avec 34 700 km, soit environ 77 % d'un réseau total de 45 300 km.

TABLEAU.I. 1:Le réseau routier des territoires sahariens.

	Algérie	Mali	Tchad	Niger	Total
Superficies 106 km ²	1,5	1,24	1,9	1,26	
Routes revêtues (km)	4 000	2 600	500	3 500	10 600
Routes non revêtues	6 000	12 200	6 200	10 300	34 700

Informations sur les quatre grandes wilayas du sud : Adrar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Si ces routes non revêtues existent et représentent une proportion importante comme nous l'avons constaté, cela indique qu'elles jouent un rôle économique et méritent une attention accrue.

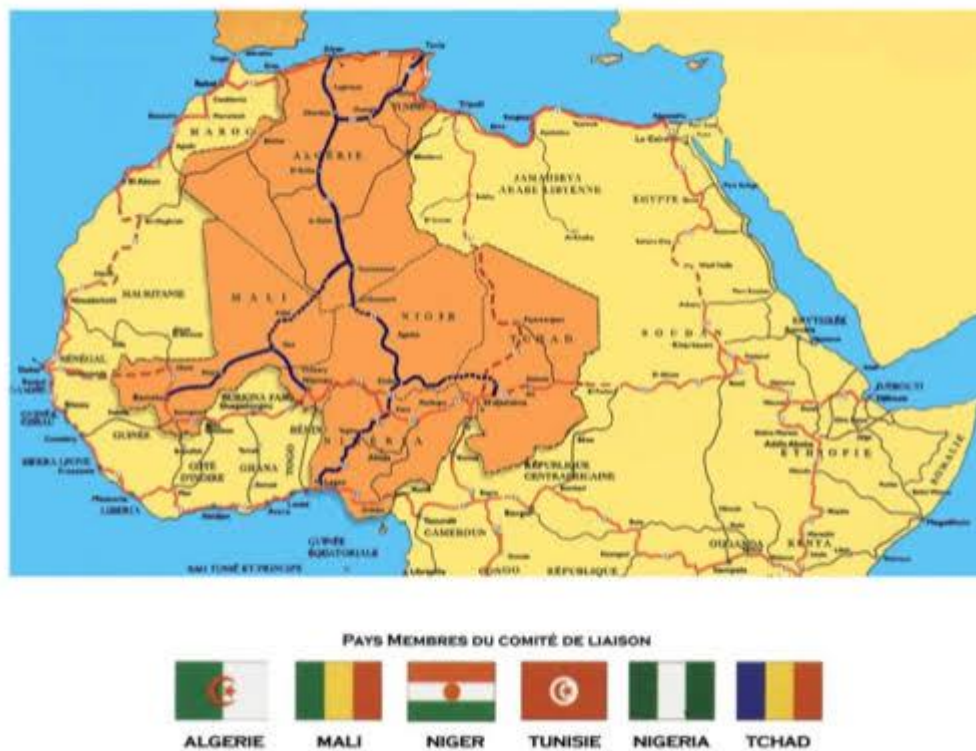


FIGURE.I. 4:les routes sahariennes en Afrique.



FIGURE.I. 5:Zone d'impact de la route saharienne.

I.4 le Sahara algérien :

Le désert algérien se situe au cœur de l'Afrique du Nord et fait partie du Sahara, dont il représente environ 20 %. Il couvre plus de 80 % du territoire de l'Algérie, soit plus de deux millions de kilomètres carrés, ce qui équivaut à environ les quatre cinquièmes du pays.

Dans cette vaste région désertique, on trouve de nombreuses oasis telles que Aïn Salah et Touggourt. Elle renferme également d'importantes richesses naturelles en pétrole et en gaz, notamment dans des zones comme Hassi Messaoud et Hassi R'mel. Au nord, le désert est limité par les chaînes de l'Atlas, qui le séparent des régions septentrionales à travers des hauts plateaux.

Le relief du désert algérien se divise en trois types principaux :

- L'erg, constitué de dunes de sable, comme le Grand Erg oriental et le Grand Erg occidental.
- Le reg, formé de surfaces rocheuses dures.
- Les zones volcaniques, surtout présentes dans le sud.

La végétation diminue progressivement vers le sud : les steppes herbeuses disparaissent pour laisser place aux regs, tandis que les dunes ne couvrent qu'environ un cinquième de la superficie

totale. Le Grand Erg oriental se situe près de l'Oued Righ, une région caractérisée par une chaîne d'oasis, tandis que l'Oued Saoura borde le Grand Erg occidental. Entre ces deux ensembles se trouve la vallée du Mزاب, creusée dans les plateaux.

Le désert du nord se distingue par la présence d'oasis, alors que le sud est dominé par un relief montagneux, notamment le massif du Hoggar dont les sommets dépassent 3000 mètres. De vastes plateaux, comme celui de Tademaït, relient les grandes régions géographiques du désert.

Le climat y est rigoureux, avec des précipitations ne dépassant pas 100 mm par an. Toutefois, il peut arriver que la neige tombe ou que des crues soudaines ravivent des oueds asséchés. Le sous-sol est riche en eaux souterraines, vestiges d'une époque où le climat était plus humide, il y a environ 10 000 ans.

Ce désert est l'un des plus chauds et des plus arides du monde. Il fait partie du Sahara, qui s'étend sur plusieurs millions de kilomètres carrés. Depuis l'Antiquité, des tribus nomades y vivent, se déplaçant à la recherche d'eau et de pâturages, en s'appuyant sur les oasis et les nappes souterraines pour assurer leur survie ainsi que celle de leur bétail, malgré des conditions de vie difficiles.

I.5 Les routes sahariennes en Algérie :

Le désert algérien s'étend sur une superficie de plus de deux millions de kilomètres carrés, ce qui rend les distances entre les différentes régions très importantes. Avant 1950, les routes dépassaient rarement la région des Hauts Plateaux. Cependant, après la découverte des premiers gisements pétroliers entre 1955 et 1956, les infrastructures routières dans le Sahara ont connu un développement considérable. En l'espace de trois ans, plus de 1200 km de routes ont été réalisés, auxquels se sont ajoutés environ 1000 km entre 1960 et 1962.

En raison de la nécessité d'utiliser des matériaux locaux, dont les méthodes d'exploitation diffèrent des normes classiques, des techniques spécifiques adaptées aux conditions sahariennes ont été développées. Ces techniques se distinguent de celles utilisées dans les régions humides.

Les caractéristiques d'une route — conception, construction, qualité et durée de vie — dépendent essentiellement de son environnement, notamment le climat, la nature du sol, le taux d'humidité, les matériaux disponibles ainsi que le trafic. Le Sahara algérien constitue à cet égard un exemple significatif, car les conditions du milieu désertique ont imposé une transformation profonde des méthodes de conception et de réalisation des chaussées.

Les techniques routières sahariennes sont le fruit de plusieurs années d'expérimentation, notamment après la réalisation de plus de 2500 km de routes en milieu désertique. Aujourd'hui, le défi consiste à adapter ces techniques aux nouvelles réalités et à établir des critères de classification des matériaux sahariens afin de faciliter leur utilisation par les ingénieurs, que ce soit pour le choix des matériaux, les méthodes de mise en œuvre ou le dimensionnement des chaussées.

Ce mémoire traite des techniques routières en milieu saharien, de la classification des matériaux ainsi que de certaines méthodes de réalisation, après une présentation succincte du contexte désertique.

Dans les wilayas du Grand Sud algérien, l'entretien du réseau routier s'effectue dans des conditions difficiles pour les routes revêtues, tandis qu'il est presque inexistant pour les routes non revêtues (pistes).

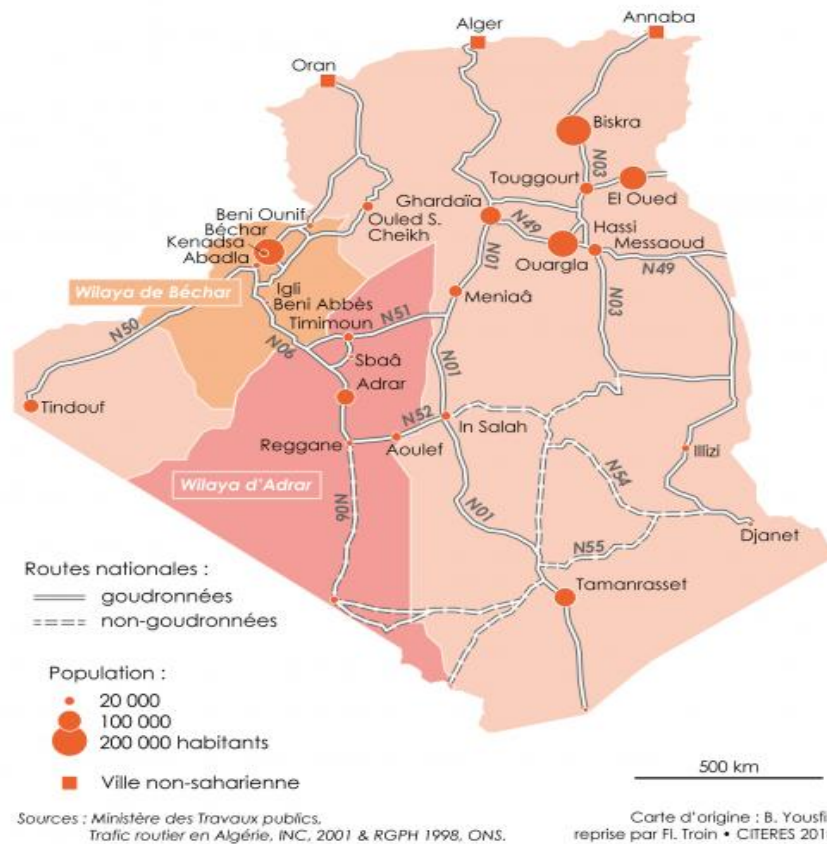


FIGURE.I. 6:Villes et réseaux des routes nationales au Sahara.

I.6 Le réseau routier non revêtu :

En ce qui concerne le réseau routier non revêtu, l'Algérie dispose d'un linéaire total de 30 419 km. Celui-ci se répartit en 3 720 km de routes nationales, 2 367 km de chemins de wilaya et 24 332 km de chemins communaux.

Consistance du réseau routier non revêtu :

D'après le dernier bilan établi en 2004, la consistance ainsi que l'état actuel du réseau non revêtu se présentent comme suit (unité : km).

a) Présentation du Réseau :

Le réseau routier Algérien se présente aujourd'hui comme suit :

TABLEAU.I. 2:Le réseau routier Algérien.

Types de Routes	Revêtu	Piste	Total	Revêtu Piste Total
RN	24 436	3 720	28 156	26%
CW	21 439	2 367	23 806	21.98%
CC	32 008	24 332	56 340	52.02%
Total du Réseau	77 883	30419	108 302	

Il convient de souligner que les routes non revêtues (pistes) totalisent **30 419 km**. Réparti entre les routes nationales (RN), les chemins de wilaya (CW) et les chemins communaux (CC), ce réseau représente environ **28 %** de l'ensemble du réseau routier national.

b) Répartition Du Réseau Routier :

TABLEAU.I. 3:Répartition Du Réseau Routier.

Types de Routes	Revêtu	Piste
RN	87%	13%
CW	90%	10%
CC	57%	43%

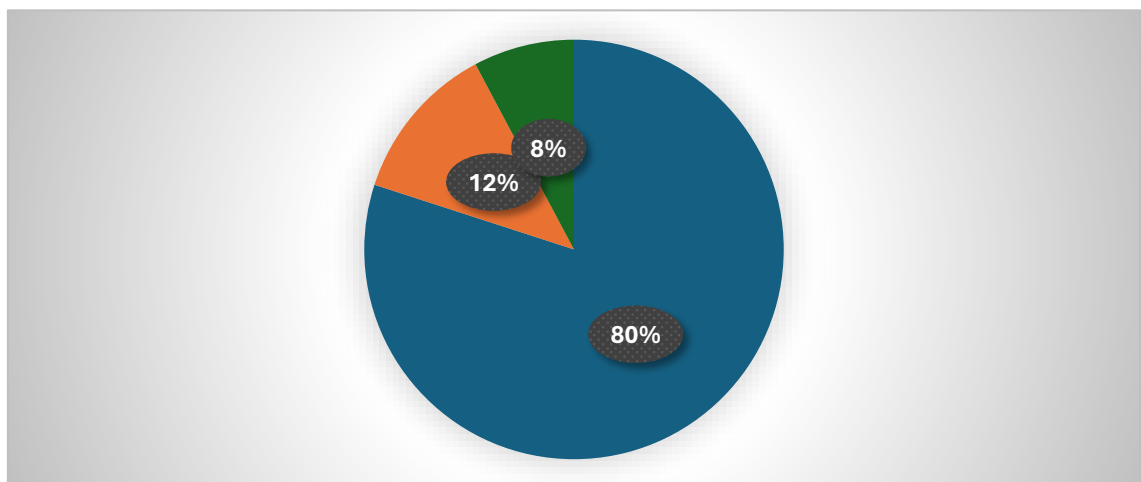


FIGURE.I. 7:Consistance du Réseau non Revêtu (RN = 12%, CW= 8%, Cc= 80%) .

I.7 Généralité Sur Les Piste Sahariennes :

Après avoir présenté le réseau routier national, qu'il soit revêtu ou non revêtu, il est important de s'intéresser plus particulièrement aux pistes sahariennes du Grand Sud algérien. Celles-ci se caractérisent par des longueurs très importantes, allant de 293 km à 1148 km, et jouent un rôle essentiel dans le développement et les échanges au sein de ces régions désertiques.

I.7.1 Définition La Piste :

Elle est définie comme une voie de circulation empruntée par des véhicules. Il s'agit donc d'un chemin bien distinct et relativement praticable, mais dont la surface de roulement n'a pas fait l'objet d'un traitement. Ainsi, la piste peut évoluer progressivement à travers différents aménagements successifs jusqu'à atteindre le stade d'une route revêtue.

I.7.2 Particularités des pistes sahariennes :

Le tracé des pistes sahariennes est généralement d'origine naturelle et ne fait pas l'objet d'études préalables. Elles présentent plusieurs caractéristiques spécifiques, parmi lesquelles :

- Une largeur variable, allant d'environ 3 m dans les zones rocheuses et au niveau des falaises, jusqu'à plusieurs dizaines voire centaines de mètres sur les plateaux.
- Une absence presque totale de signalisation et de balisage.
- Des pentes longitudinales parfois très élevées, pouvant dépasser 15 %, notamment au niveau des falaises.
- Une topographie souvent accidentée dans certaines régions du Sahara, ce qui entraîne des tracés très sinueux et des dénivelés cumulés importants.
- La possibilité pour la piste de suivre le lit d'un oued.

I.7.3 Classification Des Pistes Sahariennes :

Au sud, nous rencontrons trois catégories de pistes :

- **Pistes Naturelles (Tafsats) :** Pistes non améliorées qui suivent le terrain naturel, nécessitant des véhicules tout-terrain, notamment dans les zones sablonneuses (ergs) ou rocheuses (regs).



FIGURE.I. 8:Pistes Naturelles.

- **Les pistes améliorées :** ce sont des pistes naturelles ou certaines de leurs sections présentant des difficultés particulières, telles que des zones à faible portance du sol, des affleurements rocheux ou des traversées de lits d'oueds, et qui nécessitent une intervention et un traitement spécifiques afin d'améliorer leur état.



FIGURE.I. 9:Les pistes améliorées.

- **Les pistes élaborées** : ce sont des pistes entièrement aménagées, qui sont dotées d'une couche de roulement réalisée avec des matériaux sélectionnés sur toute la largeur de la chaussée.



FIGURE.I. 10:Les pistes élaborées .

I.8 Réseau routier saharien :

- Le réseau routier principal du Grand Sud algérien s'étend sur une superficie importante d'environ 1 450 000 km², traversant des zones aux caractéristiques géologiques et géomorphologiques très variées. Il couvre quatre wilayas : Adrar, Tamanrasset, Tindouf et Illizi.
- Cette infrastructure dessert des régions désertiques et arides à très faible densité de population, inférieure à 1 habitant/km². La population totale est estimée à environ 500 000 habitants, soit moins de 2 % de la population nationale.
- Ce réseau routier relie des agglomérations très éloignées les unes des autres, séparées par de longues distances pouvant atteindre plusieurs centaines de kilomètres, comprises entre 293 km et 1 148 km.
- Plus de 67 % de ce réseau se concentre dans la région du Tassili, tandis que le reste s'étend sur les plateaux de la région d'Adrar.

1.9 Contexte Du Sahara Algérien :

I.9.1 Contexte Climatique :

Le Sud algérien est marqué par un climat essentiellement sec, aride et très chaud durant environ cinq mois de l'année, avec des températures moyennes à l'ombre dépassant souvent 40 °C. Les précipitations y sont rares et irrégulières, avec une pluviométrie annuelle moyenne d'environ 50 mm. Par ailleurs, bien que les crues soient peu fréquentes, elles surviennent de manière soudaine et violente. Les vents de sable sont également très courants et affectent régulièrement une grande partie du Sahara.

I.9.2 Nature Des Sols Rencontrés Au Sud :

• Les Hamadas :

Les hamadas sahariennes sont de vastes plateaux rocheux tabulaires et arides, caractérisés par un sol dénudé, dur et souvent couvert de pierres ou de dalles, dominant le paysage saharien. Contrairement aux ergs (mers de sable), ces régions arides sont formées par la déflation éolienne qui balaie les particules

-Les ergs :

Ce sont des accumulations de dunes de sable. En général, les pistes contournent ces zones et évitent de les traverser. Toutefois, la forte présence de sable d'origine éolienne dans ces terrains leur confère une résistance au roulement relativement élevée.

• Les Sebkhas :

Les salines se caractérisent par leur structure de dépressions obstruées, où l'eau de pluie s'accumule et s'infiltre par évaporation. Ce processus produit un sol alluvial stable et cohésif, faisant de ces zones des voies de transport privilégiées. Cependant, leur utilisation comme routes est strictement interdite pendant la saison des pluies.

• Les Chotts

Dépressions naturelles où l'eau est présente en permanence. Leur sol est principalement composé de matières insolubles (environ 80 %), le reste étant constitué de sulfates, de carbonates et de chlorures. Sauf en période d'inondation, ces surfaces offrent d'excellentes conditions pour la circulation automobile.

• Les Lits D'oueds :

Dans le Sahara, les **lits des grands oueds** constituent des axes de passage fréquents. Ils sont principalement formés de sables limoneux ou de mélanges de sables grossiers et de graviers. En cas de faibles précipitations ou par contrainte topographique, les pistes suivent ces lits où le roulage est globalement satisfaisant. Toutefois, selon la composition du sol, on y observe fréquemment l'apparition de "tôle ondulée" ou la formation de poches de "Fech-Fech

• Les Falaises :

Sur le passage des pistes. Ces escarpements représentent des défis techniques de franchissement, avec des hauteurs de parois pouvant varier de 20 mètres jusqu'à 200 mètres selon les secteurs

•**Les Zones Rocheuses** : Bien que leur présence soit exceptionnelle, les **zones rocheuses** offrent une excellente capacité de support. Les tronçons de pistes qui traversent ces affleurements se distinguent par une portance élevée, garantissant une bonne stabilité pour les véhicules.

Géotechnique et Matériaux Locaux du Sud :

La **faible pluviométrie** caractérisant les zones méridionales induit une teneur en eau naturelle des sols très réduite. Cette particularité climatique autorise l'usage de matériaux à **indice de plasticité élevé**, souvent jugés inaptes dans d'autres contextes. Ainsi, les stratégies d'entretien et de réhabilitation des pistes sahariennes privilégient les **matériaux locaux**, en exploitant leur **cohésion naturelle** pour stabiliser les infrastructures.

Classification des Matériaux Utilisables :

1. Les Matériaux Gypseux :

Ils présentent une grande diversité (gypses micro-cristallisés, sables gypseux, calcaro-gypseux). Bien que leur principale faiblesse soit la **sensibilité à l'imbibition** (perte de résistance à l'eau), ce risque demeure négligeable dans le contexte aride du Sud.

2. Les Matériaux de Reg :

Particulièrement appréciés pour le **squelette granulaire** solide qu'ils apportent au corps de chaussée, ces matériaux manquent toutefois de liant. Leur utilisation nécessite impérativement un mélange avec des matériaux plus fins pour compenser leur **absence totale de cohésion**.

3. Les Sables :

En raison d'un manque absolu de cohésion, les sables seuls sont généralement **à proscrire** pour la constitution des couches de roulement, car ils ne permettent pas une stabilité suffisante sous le trafic.

4. Les Argiles et les Marnes :

Très abondants dans le Sud, ces matériaux offrent d'excellentes performances routières grâce à la sécheresse ambiante. Leur mise en œuvre requiert toutefois deux mesures de prudence :

- **Contrôle de l'humidité** : Limiter l'apport d'eau lors du compactage.
- **Sécurité climatique** : Vigilance accrue lors des rares averses (mise en place de "barrières de pluie") pour éviter que le sol ne devienne impraticable.

5. Les Arènes Granitiques :

Issues de l'altération chimique du granite (dégradation du feldspath), ces arènes sont très présentes dans les massifs du **Hoggar** et du **Tassili**. Elles se distinguent par :

- Un indice de plasticité (IP) compris entre **10 % et 15 %**.
- Une **excellente cohésion** couplée à un **angle de frottement interne élevé**, garantissant une stabilité optimale des pistes.



CHAPITRE II

PRESENTATION DU PROJET.



II.1 Présentation Du Projet :

Le Sahara, territoire à la fois vaste et rigoureux, mais d'une beauté fascinante et d'une grande richesse, abrite un réseau vital desservant ses principales agglomérations et villages. Cette infrastructure se compose de près de 6 000 kilomètres de pistes, officiellement répertoriées comme des axes routiers structurants (itinéraires principaux), bien qu'elles ne soient pas revêtues.

Le projet consiste en la réalisation de la route actuelle reliant la wilaya de Timimoun à l'usine de gaz de Hassi Bahamou (RN118). Cette route reliera la wilaya de Timimoun à l'usine de gaz de Hassi Bahamou sur une distance de 104 km. Dans ce cadre, nous procédons actuellement à l'étude et à la conception d'un tronçon de cette route d'une longueur précise de 13 km.

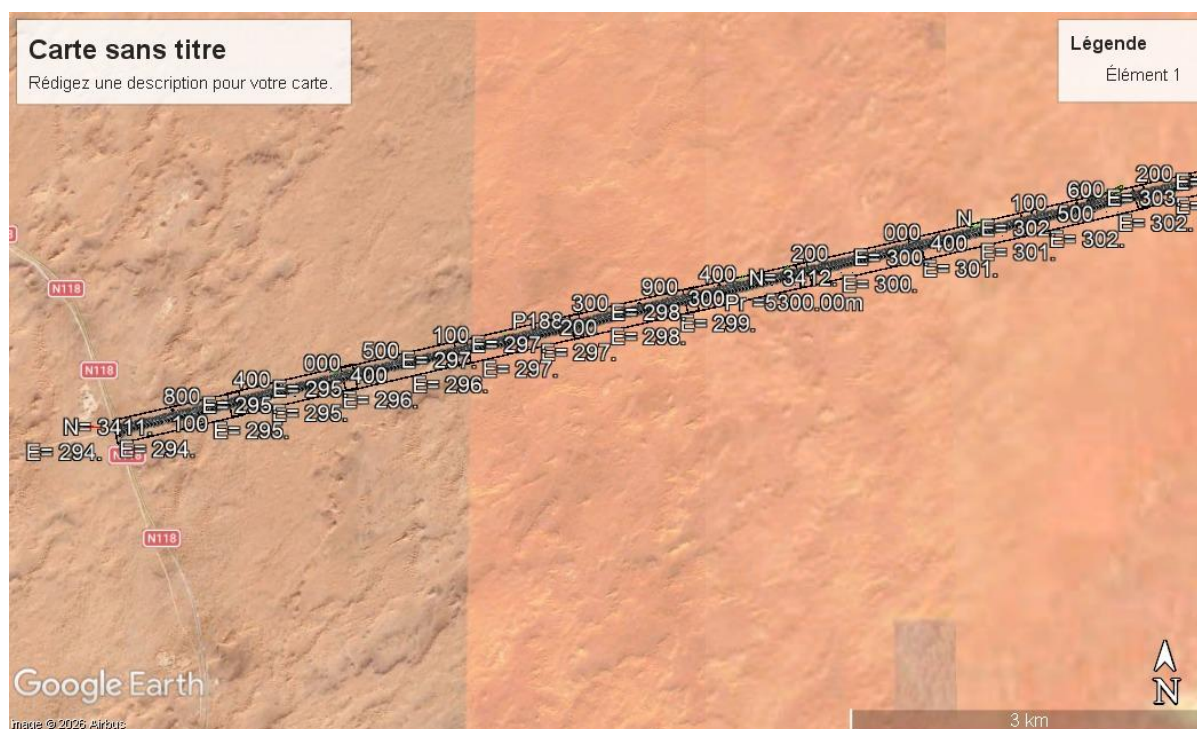


FIGURE.II. 2:Localisation Du Projet.

II.2 Présentation De La Wilaya De Timimoun :

La wilaya de Timimoun est créée le 26 novembre 2019. En 2021, le président [Tebboune](#), officialise le nouveau découpage administratif

Auparavant, elle était une wilaya déléguée, créée selon la loi n° 15-140 du 27 mai 2015, portant création de circonscriptions administratives dans certaines wilayas et fixant les règles particulières qui leur sont liées, ainsi que la liste des communes qui sont rattachées à elle. Avant 2019, elle était rattachée à la [wilaya d'Adrar](#)

La wilaya de **Timimoun**, pôle majeur du Grand Sud algérien, couvre un vaste territoire de **65 203 km²**. Elle est entourée au nord par El Bayadh, tandis qu'elle partage ses frontières orientales avec El Meniaa et In Salah. À l'ouest, elle est bordée par la wilaya de Béni Abbès et s'appuie, au sud, sur la wilaya d'Adrar.

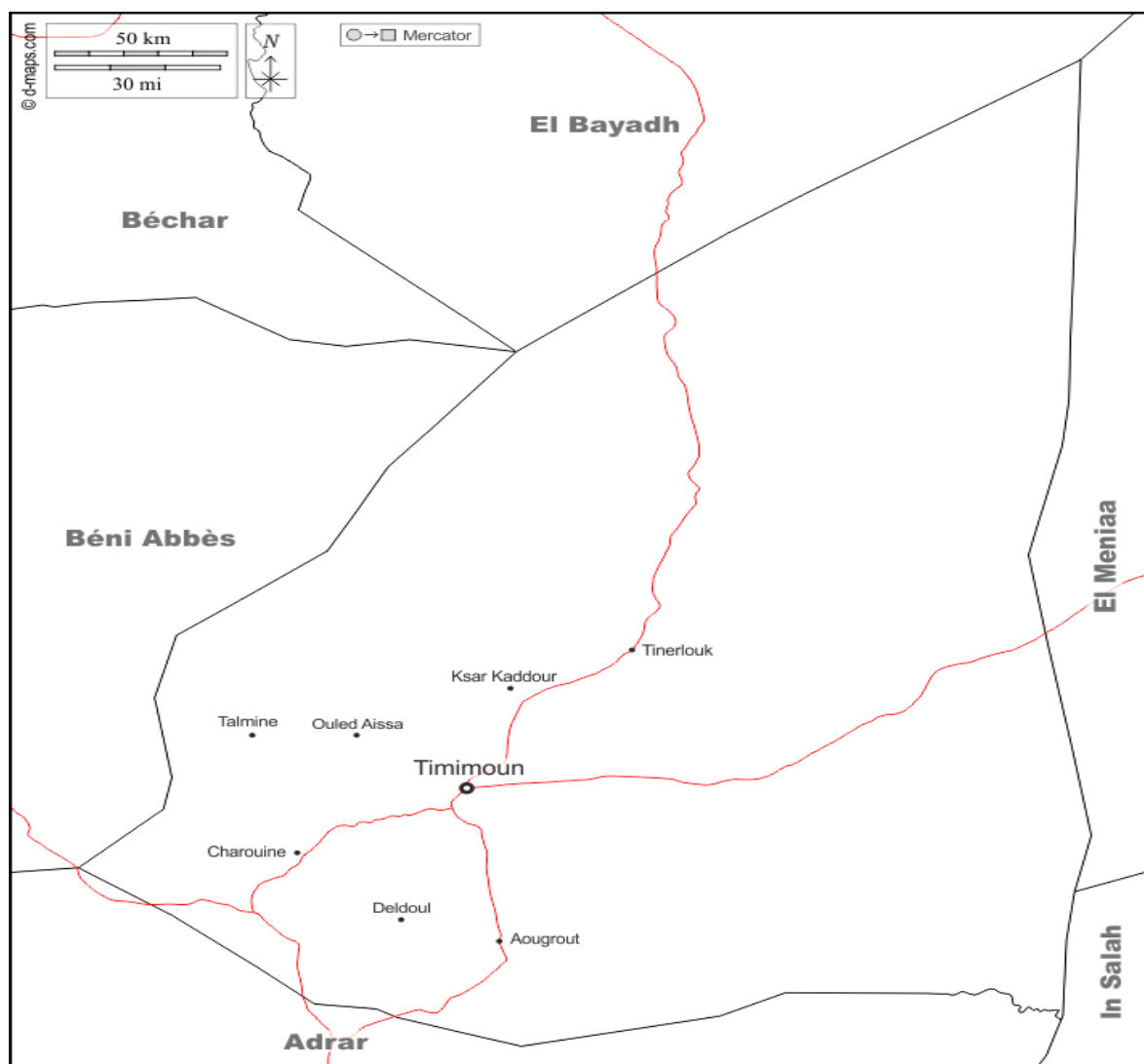


FIGURE.II. 3:Localisation de la wilaya de Timimoun.

II.3 Justification Du Projet :

S'intégrant dans la stratégie de croissance économique et sociale nationale, ce projet a pour objectif l'optimisation du cadre de vie des employés. Son importance réside dans sa double contribution à la prospérité économique et à la stabilité sécuritaire du territoire. »

II.4 Objectifs Du Projet :

Cette étude a été conçue pour pallier l'absence totale de liaison routière directe entre la wilaya de Timimoun et le complexe gazier de Hassi Bahamou. L'objectif principal est de doter la région d'une infrastructure moderne répondant aux exigences de service et de sécurité.

Les enjeux majeurs de ce projet s'articulent autour des points suivants :

- Désenclavement et Connectivité : Création d'un axe routier stratégique reliant directement la ville de Timimoun au site industriel de Hassi Bahamou.
- Optimisation du Trafic : Amélioration de la fluidité de la circulation et réduction des temps de parcours pour les usagers et les convois logistiques.
- Impact Économique :
 - Soutien à l'activité industrielle gazière, facilitation du transport des marchandises et stimulation de la dynamique économique locale.
- Impact Environnemental : Conception d'un tracé optimisé visant à minimiser l'empreinte écologique sur le milieu saharien tout en assurant une gestion durable des matériaux locaux.



FIGURE.II. 4:Relient l'usine avec RN118.



CHAPITRE III :

NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE



III.1 Généralités

Toute réalisation d'infrastructure routière impose une phase préliminaire de reconnaissance de site. À ce stade, l'**étude géotechnique** s'avère indispensable pour planifier l'approvisionnement en **matériaux** et valider les **procédés de terrassement** lors de la mise en œuvre. Enfin, l'analyse du contexte environnemental de l'ouvrage doit être conduite en stricte conformité avec la **norme B40**.

III.2 Environnement De La Route :

La norme **B40**, qui régit l'aménagement des routes en Algérie, définit l'environnement routier comme un facteur déterminant pour adapter la conception technique au relief et au tracé.

Voici une présentation structurée de ces classes et des indicateurs associés :

Les Trois Classes d'Environnement :

L'environnement est classé de **E1 à E3** selon le degré de difficulté imposé par la topographie :

- **E1 (Environnement facile)** : Correspond généralement à des terrains plats ou de plaine.
- **E2 (Environnement moyen)** : Adapté aux terrains vallonnés ou accidentés.
- **E3 (Environnement difficile)** : Concerne les zones de montagne avec un relief très marqué.

Les Indicateurs de Caractérisation

Le passage d'une classe à une autre se fait par le calcul de deux variables clés :

A) La Dénivelée Cumulée Moyenne :

Cet indicateur mesure l'importance du relief vertical. Il représente le rapport entre la somme des dénivelées positives et négatives et la longueur totale du tronçon.

$$DC = H/L$$

- **H**: Somme des dénivelées (montées + descentes) en mètres.
- **L** : Longueur du tracé en kilomètres.

$$H = \frac{(\sum_{p_i > 0} (p_i \cdot l_i) + \sum_{p_i < 0} (p_i \cdot l_i))}{L}$$

P : pente du terrain.

L : longueur de l'itinéraire → L=13000 m =13 km.

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

- Calcul de la dénivelée cumulée moyenne :

TABLEAU.III. 1:calcul des déclivités.

PK 00 PK 13000	Distance Entre Profil TN	Z Tn	DH(m)
P01	0.000	532.466	/
P02	20.000	531.933	-0.533
P03	40.000	531.967	0.034
P04	60.000	531.868	-0.099
P05	80.000	531.836	-0.032
P06	100.000	531.816	-0.020
P07	120.000	531.885	0.069
P08	140.000	531.688	-0.197
P09	160.000	531.539	-0.149
P10	180.000	531.489	-0.050
P11	200.000	531.448	-0.041
P12	220.000	531.583	0.135
P13	240.000	531.459	-0.124
P14	260.000	530.652	-0.807
P15	280.000	529.646	-1.006
P16	300.000	528.172	-1.474
P17	320.000	527.181	-0.991
P18	340.000	526.438	-0.743
P19	360.000	526.060	-0.378
P20	380.000	526.074	0.014
P21	400.000	526.189	0.115
P22	420.000	526.419	0.230
P23	440.000	526.888	0.469
P24	460.000	527.014	0.126
P25	480.000	527.473	0.459
P26	500.000	528.456	0.983
P27	520.000	529.715	1.259
P28	540.000	531.339	1.624
P29	560.000	531.423	0.084
P30	580.000	531.030	-0.393
P31	600.000	530.207	-0.823
P32	620.000	528.745	-1.462
P33	640.000	528.050	-0.695
P34	660.000	529.043	0.993
P35	680.000	530.747	1.704
P36	700.000	532.048	1.301
P37	720.000	532.540	0.492
P38	740.000	531.859	-0.681
P39	760.000	531.150	-0.709
P40	780.000	530.774	-0.376

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P41	800.000	531.532	0.758
P42	820.000	532.049	0.517
P43	840.000	531.804	-0.245
P44	860.000	531.338	-0.466
P45	880.000	531.218	-0.120
P46	900.000	531.814	0.596
P47	920.000	532.024	0.210
P48	940.000	532.140	0.116
P49	960.000	532.188	0.048
P50	980.000	532.260	0.072
P51	1000.000	532.350	0.090
P52	1020.000	532.500	0.150
P53	1040.000	533.160	0.660
P54	1060.000	533.570	0.410
P55	1080.000	533.407	-0.163
P56	1100.000	532.925	-0.482
P57	1120.000	532.582	-0.343
P58	1140.000	532.460	-0.122
P59	1160.000	532.452	-0.008
P60	1180.000	532.510	0.058
P61	1200.000	532.726	0.216
P62	1220.000	532.394	-0.332
P63	1240.000	532.038	-0.356
P64	1260.000	531.842	-0.196
P65	1280.000	532.239	0.397
P66	1300.000	532.439	0.200
P67	1320.000	532.118	-0.321
P68	1340.000	532.146	0.028
P69	1360.000	532.198	0.052
P70	1380.000	532.129	-0.069
P71	1400.000	532.035	-0.094
P72	1420.000	531.859	-0.176
P73	1440.000	531.543	-0.316
P74	1460.000	531.744	0.201
P75	1480.000	531.840	0.096
P76	1500.000	531.669	-0.171
P77	1520.000	531.208	-0.461
P78	1540.000	530.888	-0.320
P79	1560.000	530.903	0.015
P80	1580.000	531.037	0.134
P81	1600.000	531.249	0.212
P82	1620.000	531.275	0.026
P83	1640.000	531.388	0.113
P84	1660.000	531.528	0.140
P85	1680.000	532.333	0.805
P86	1700.000	532.627	0.294

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P87	1720.000	532.732	0.105
P88	1740.000	532.741	0.009
P89	1760.000	532.738	-0.003
P90	1780.000	532.975	0.237
P91	1800.000	532.611	-0.364
P92	1820.000	532.548	-0.063
P93	1840.000	532.565	0.017
P94	1860.000	532.552	-0.013
P95	1880.000	532.636	0.084
P96	1900.000	532.664	0.028
P97	1920.000	532.519	-0.145
P98	1940.000	532.593	0.074
P99	1960.000	532.687	0.094
P100	1980.000	532.806	0.119
P101	2000.000	533.189	0.383
P102	2020.000	533.695	0.506
P103	2040.000	534.187	0.492
P104	2060.000	533.736	-0.451
P105	2080.000	533.185	-0.551
P106	2100.000	532.357	-0.828
P107	2120.000	532.359	0.002
P108	2140.000	532.473	0.114
P109	2160.000	532.605	0.132
P110	2180.000	532.113	-0.492
P111	2200.000	531.664	-0.449
P112	2220.000	531.543	-0.121
P113	2240.000	531.574	0.031
P114	2260.000	531.723	0.149
P115	2280.000	532.212	0.489
P116	2300.000	532.516	0.304
P117	2320.000	532.704	0.188
P118	2340.000	532.634	-0.070
P119	2360.000	532.607	-0.027
P120	2380.000	532.624	0.017
P121	2400.000	532.768	0.144
P122	2420.000	532.664	-0.104
P123	2440.000	532.596	-0.068
P124	2460.000	532.645	0.049
P125	2480.000	532.905	0.260
P126	2500.000	533.148	0.243
P127	2520.000	533.360	0.212
P128	2540.000	532.871	-0.489
P129	2560.000	532.043	-0.828
P130	2580.000	530.807	-1.236
P131	2600.000	530.179	-0.628
P132	2620.000	530.155	-0.024

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P133	2640.000	530.849	0.694
P134	2660.000	531.287	0.438
P135	2680.000	531.657	0.370
P136	2700.000	532.067	0.410
P137	2720.000	532.314	0.247
P138	2740.000	532.209	-0.105
P139	2760.000	531.455	-0.754
P140	2780.000	529.485	-1.970
P141	2800.000	527.554	-1.931
P142	2820.000	525.973	-1.581
P143	2840.000	525.518	-0.455
P144	2860.000	525.378	-0.140
P145	2880.000	525.556	0.178
P146	2900.000	526.032	0.476
P147	2920.000	526.900	0.868
P148	2940.000	528.367	1.467
P149	2960.000	528.945	0.578
P150	2980.000	529.323	0.378
P151	3000.000	529.805	0.482
P152	3020.000	530.573	0.768
P153	3040.000	531.119	0.546
P154	3060.000	531.331	0.212
P155	3080.000	531.059	-0.272
P156	3100.000	530.760	-0.299
P157	3120.000	530.582	-0.178
P158	3140.000	530.900	0.318
P159	3160.000	531.085	0.185
P160	3180.000	530.693	-0.392
P161	3200.000	530.886	0.193
P162	3220.000	530.911	0.025
P163	3240.000	530.591	-0.320
P164	3260.000	530.670	0.079
P165	3280.000	530.246	-0.424
P166	3300.000	530.114	-0.132
P167	3320.000	530.245	0.131
P168	3340.000	530.675	0.430
P169	3360.000	531.408	0.733
P170	3380.000	531.583	0.175
P171	3400.000	531.488	-0.095
P172	3420.000	531.065	-0.423
P173	3440.000	530.493	-0.572
P174	3460.000	529.850	-0.643
P175	3480.000	529.124	-0.726
P176	3500.000	528.918	-0.206
P177	3520.000	528.772	-0.146
P178	3540.000	528.620	-0.152

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P179	3560.000	528.239	-0.381
P180	3580.000	527.894	-0.345
P181	3600.000	527.686	-0.208
P182	3620.000	527.403	-0.283
P183	3640.000	526.998	-0.405
P184	3660.000	526.252	-0.746
P185	3680.000	525.864	-0.388
P186	3700.000	525.986	0.122
P187	3720.000	526.510	0.524
P188	3740.000	526.333	-0.177
P189	3760.000	526.185	-0.148
P190	3780.000	526.376	0.191
P191	3800.000	526.917	0.541
P192	3820.000	527.348	0.431
P193	3840.000	527.475	0.127
P194	3860.000	527.664	0.189
P195	3880.000	528.024	0.360
P196	3900.000	528.662	0.638
P197	3920.000	529.992	1.330
P198	3940.000	530.871	0.879
P199	3960.000	531.296	0.425
P200	3980.000	530.042	-1.254
P201	4000.000	528.668	-1.374
P202	4020.000	527.333	-1.335
P203	4040.000	526.992	-0.341
P204	4060.000	526.883	-0.109
P205	4080.000	526.839	-0.044
P206	4100.000	526.862	0.023
P207	4120.000	526.810	-0.052
P208	4140.000	526.597	-0.213
P209	4160.000	526.720	0.123
P210	4180.000	526.811	0.091
P211	4200.000	526.788	-0.023
P212	4220.000	527.107	0.319
P213	4240.000	527.616	0.509
P214	4260.000	528.353	0.737
P215	4280.000	529.286	0.933
P216	4300.000	530.143	0.857
P217	4320.000	530.974	0.831
P218	4340.000	530.993	0.019
P219	4360.000	531.110	0.117
P220	4380.000	531.620	0.510
P221	4400.000	531.549	-0.071
P222	4420.000	531.499	-0.050
P223	4440.000	531.150	-0.349
P224	4460.000	531.105	-0.045

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P225	4480.000	531.452	0.347
P226	4500.000	532.307	0.855
P227	4520.000	532.444	0.137
P228	4540.000	532.402	-0.042
P229	4560.000	532.312	-0.090
P230	4580.000	532.862	0.550
P231	4600.000	533.468	0.606
P232	4620.000	533.843	0.375
P233	4640.000	533.684	-0.159
P234	4660.000	533.326	-0.358
P235	4680.000	532.523	-0.803
P236	4700.000	532.350	-0.173
P237	4720.000	532.572	0.222
P238	4740.000	533.613	1.041
P239	4760.000	533.710	0.097
P240	4780.000	533.695	-0.015
P241	4800.000	533.474	-0.221
P242	4820.000	533.116	-0.358
P243	4840.000	532.584	-0.532
P244	4860.000	532.044	-0.540
P245	4880.000	532.355	0.311
P246	4900.000	532.478	0.123
P247	4920.000	532.212	-0.266
P248	4940.000	531.016	-1.196
P249	4960.000	529.705	-1.311
P250	4980.000	528.368	-1.337
P251	5000.000	528.066	-0.302
P252	5020.000	528.434	0.368
P253	5040.000	529.709	1.275
P254	5060.000	531.379	1.670
P255	5080.000	532.749	1.370
P256	5100.000	533.094	0.345
P257	5120.000	532.829	-0.265
P258	5140.000	532.195	-0.634
P259	5160.000	530.783	-1.412
P260	5180.000	530.086	-0.697
P261	5200.000	529.801	-0.285
P262	5220.000	530.555	0.754
P263	5240.000	531.793	1.238
P264	5260.000	533.128	1.335
P265	5280.000	533.767	0.639
P266	5300.000	533.859	0.092
P267	5320.000	533.747	-0.112
P268	5340.000	533.465	-0.282
P269	5360.000	533.157	-0.308
P270	5380.000	532.866	-0.291

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P271	5400.000	532.590	-0.276
P272	5420.000	532.699	0.109
P273	5440.000	532.818	0.119
P274	5460.000	532.895	0.077
P275	5480.000	532.186	-0.709
P276	5500.000	531.274	-0.912
P277	5520.000	529.960	-1.314
P278	5540.000	529.034	-0.926
P279	5560.000	528.300	-0.734
P280	5580.000	528.012	-0.288
P281	5600.000	527.796	-0.216
P282	5620.000	527.595	-0.201
P283	5640.000	527.397	-0.198
P284	5660.000	527.329	-0.068
P285	5680.000	527.046	-0.283
P286	5700.000	526.467	-0.579
P287	5720.000	525.107	-1.360
P288	5740.000	523.923	-1.184
P289	5760.000	523.229	-0.694
P290	5780.000	522.907	-0.322
P291	5800.000	522.943	0.036
P292	5820.000	523.528	0.585
P293	5840.000	524.179	0.651
P294	5860.000	525.165	0.986
P295	5880.000	526.846	1.681
P296	5900.000	527.516	0.670
P297	5920.000	527.743	0.227
P298	5940.000	527.231	-0.512
P299	5960.000	526.407	-0.824
P300	5980.000	525.451	-0.956
P301	6000.000	524.259	-1.192
P302	6020.000	524.081	-0.178
P303	6040.000	523.996	-0.085
P304	6060.000	524.064	0.068
P305	6080.000	525.242	1.178
P306	6100.000	526.486	1.244
P307	6120.000	527.763	1.277
P308	6140.000	528.650	0.887
P309	6160.000	529.460	0.810
P310	6180.000	529.599	0.139
P311	6200.000	529.735	0.136
P312	6220.000	529.860	0.125
P313	6240.000	529.955	0.095
P314	6260.000	529.856	-0.099
P315	6280.000	529.761	-0.095
P316	6300.000	529.585	-0.176

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P317	6320.000	528.766	-0.819
P318	6340.000	527.248	-1.518
P319	6360.000	525.194	-2.054
P320	6380.000	523.606	-1.588
P321	6400.000	522.523	-1.083
P322	6420.000	521.947	-0.576
P323	6440.000	522.232	0.285
P324	6460.000	522.712	0.480
P325	6480.000	523.018	0.306
P326	6500.000	523.148	0.130
P327	6520.000	523.262	0.114
P328	6540.000	523.291	0.029
P329	6560.000	523.058	-0.233
P330	6580.000	522.862	-0.196
P331	6600.000	523.008	0.146
P332	6620.000	523.590	0.582
P333	6640.000	524.270	0.680
P334	6660.000	524.955	0.685
P335	6680.000	525.207	0.252
P336	6700.000	525.610	0.403
P337	6720.000	526.305	0.695
P338	6740.000	527.410	1.105
P339	6760.000	528.973	1.563
P340	6780.000	530.563	1.590
P341	6800.000	531.734	1.171
P342	6820.000	532.097	0.363
P343	6840.000	532.288	0.191
P344	6860.000	532.546	0.258
P345	6880.000	532.796	0.250
P346	6900.000	533.002	0.206
P347	6920.000	533.190	0.188
P348	6940.000	533.370	0.180
P349	6960.000	533.534	0.164
P350	6980.000	533.667	0.133
P351	7000.000	533.625	-0.042
P352	7020.000	533.291	-0.334
P353	7040.000	532.441	-0.850
P354	7060.000	531.179	-1.262
P355	7080.000	529.337	-1.842
P356	7100.000	527.860	-1.477
P357	7120.000	526.740	-1.120
P358	7140.000	526.235	-0.505
P359	7160.000	526.984	0.749
P360	7180.000	528.262	1.278
P361	7200.000	530.200	1.938
P362	7220.000	531.240	1.040

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P363	7240.000	531.546	0.306
P364	7260.000	531.127	-0.419
P365	7280.000	530.177	-0.950
P366	7300.000	529.889	-0.288
P367	7320.000	530.993	1.104
P368	7340.000	532.435	1.442
P369	7360.000	533.547	1.112
P370	7380.000	533.941	0.394
P371	7400.000	533.776	-0.165
P372	7420.000	533.513	-0.263
P373	7440.000	533.333	-0.180
P374	7460.000	532.073	-1.260
P375	7480.000	530.218	-1.855
P376	7500.000	529.104	-1.114
P377	7520.000	527.873	-1.231
P378	7540.000	526.614	-1.259
P379	7560.000	525.918	-0.696
P380	7580.000	525.534	-0.384
P381	7600.000	525.123	-0.411
P382	7620.000	524.502	-0.621
P383	7640.000	523.901	-0.601
P384	7660.000	523.258	-0.643
P385	7680.000	522.489	-0.769
P386	7700.000	522.059	-0.430
P387	7720.000	521.594	-0.465
P388	7740.000	520.768	-0.826
P389	7760.000	520.252	-0.516
P390	7780.000	519.932	-0.320
P391	7800.000	519.848	-0.084
P392	7820.000	519.625	-0.223
P393	7840.000	519.577	-0.048
P394	7860.000	519.741	0.164
P395	7880.000	519.973	0.232
P396	7900.000	520.163	0.190
P397	7920.000	520.641	0.478
P398	7940.000	521.136	0.495
P399	7960.000	521.518	0.382
P400	7980.000	521.927	0.409
P401	8000.000	522.354	0.427
P402	8020.000	522.787	0.433
P403	8040.000	523.057	0.270
P404	8060.000	523.596	0.539
P405	8080.000	524.392	0.796
P406	8100.000	525.635	1.243
P407	8120.000	527.837	2.202
P408	8140.000	529.869	2.032

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P409	8160.000	531.389	1.520
P410	8180.000	532.227	0.838
P411	8200.000	532.873	0.646
P412	8220.000	533.158	0.285
P413	8240.000	533.186	0.028
P414	8260.000	533.106	-0.080
P415	8280.000	532.992	-0.114
P416	8300.000	532.776	-0.216
P417	8320.000	532.701	-0.075
P418	8340.000	532.965	0.264
P419	8360.000	532.967	0.002
P420	8380.000	532.754	-0.213
P421	8400.000	532.056	-0.698
P422	8420.000	531.800	-0.256
P423	8440.000	532.400	0.600
P424	8460.000	533.353	0.953
P425	8480.000	533.576	0.223
P426	8500.000	533.792	0.216
P427	8520.000	534.149	0.357
P428	8540.000	534.636	0.487
P429	8560.000	534.749	0.113
P430	8580.000	534.555	-0.194
P431	8600.000	534.180	-0.375
P432	8620.000	533.805	-0.375
P433	8640.000	533.116	-0.689
P434	8660.000	532.722	-0.394
P435	8680.000	532.368	-0.354
P436	8700.000	532.051	-0.317
P437	8720.000	531.982	-0.069
P438	8740.000	531.912	-0.070
P439	8760.000	531.853	-0.059
P440	8780.000	531.641	-0.212
P441	8800.000	531.337	-0.304
P442	8820.000	530.711	-0.626
P443	8840.000	529.198	-1.513
P444	8860.000	527.992	-1.206
P445	8880.000	527.297	-0.695
P446	8900.000	527.071	-0.226
P447	8920.000	527.057	-0.014
P448	8940.000	527.433	0.376
P449	8960.000	527.855	0.422
P450	8980.000	528.135	0.280
P451	9000.000	528.055	-0.080
P452	9020.000	528.250	0.195
P453	9040.000	528.374	0.124
P454	9060.000	528.304	-0.070

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P455	9080.000	528.809	0.505
P456	9100.000	529.860	1.051
P457	9120.000	531.296	1.436
P458	9140.000	532.726	1.430
P459	9160.000	533.785	1.059
P460	9180.000	534.101	0.316
P461	9200.000	533.735	-0.366
P462	9220.000	532.990	-0.745
P463	9240.000	531.768	-1.222
P464	9260.000	530.302	-1.466
P465	9280.000	529.159	-1.143
P466	9300.000	528.819	-0.340
P467	9320.000	528.722	-0.097
P468	9340.000	528.748	0.026
P469	9360.000	528.839	0.091
P470	9380.000	529.674	0.835
P471	9400.000	530.573	0.899
P472	9420.000	531.261	0.688
P473	9440.000	531.777	0.516
P474	9460.000	532.364	0.587
P475	9480.000	533.526	1.162
P476	9500.000	534.115	0.589
P477	9520.000	534.409	0.294
P478	9540.000	534.256	-0.153
P479	9560.000	534.596	0.340
P480	9580.000	534.816	0.220
P481	9600.000	535.062	0.246
P482	9620.000	534.971	-0.091
P483	9640.000	534.825	-0.146
P484	9660.000	534.854	0.029
P485	9680.000	534.976	0.122
P486	9700.000	535.027	0.051
P487	9720.000	534.798	-0.229
P488	9740.000	534.870	0.072
P489	9760.000	535.003	0.133
P490	9780.000	534.988	-0.015
P491	9800.000	534.733	-0.255
P492	9820.000	534.652	-0.081
P493	9840.000	534.996	0.344
P494	9860.000	534.797	-0.199
P495	9880.000	534.765	-0.032
P496	9900.000	534.758	-0.007
P497	9920.000	534.874	0.116
P498	9940.000	534.961	0.087
P499	9960.000	535.039	0.078
P500	9980.000	534.944	-0.095

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P501	10000.000	534.769	-0.175
P502	10020.000	534.633	-0.136
P503	10040.000	534.488	-0.145
P504	10060.000	534.470	-0.018
P505	10080.000	534.729	0.259
P506	10100.000	534.974	0.245
P507	10120.000	535.097	0.123
P508	10140.000	535.030	-0.067
P509	10160.000	535.011	-0.019
P510	10180.000	535.010	-0.001
P511	10200.000	534.958	-0.052
P512	10220.000	534.993	0.035
P513	10240.000	535.036	0.043
P514	10260.000	534.939	-0.097
P515	10280.000	534.954	0.015
P516	10300.000	534.953	-0.001
P517	10320.000	534.836	-0.117
P518	10340.000	534.584	-0.252
P519	10360.000	534.492	-0.092
P520	10380.000	534.499	0.007
P521	10400.000	534.412	-0.087
P522	10420.000	534.345	-0.067
P523	10440.000	534.388	0.043
P524	10460.000	534.214	-0.174
P525	10480.000	533.891	-0.323
P526	10500.000	533.570	-0.321
P527	10520.000	533.353	-0.217
P528	10540.000	533.166	-0.187
P529	10560.000	533.037	-0.129
P530	10580.000	532.428	-0.609
P531	10600.000	531.976	-0.452
P532	10620.000	531.966	-0.010
P533	10640.000	532.177	0.211
P534	10660.000	532.456	0.279
P535	10680.000	532.819	0.363
P536	10700.000	533.396	0.577
P537	10720.000	533.805	0.409
P538	10740.000	533.948	0.143
P539	10760.000	534.153	0.205
P540	10780.000	534.280	0.127
P541	10800.000	534.256	-0.024
P542	10820.000	533.898	-0.358
P543	10840.000	533.682	-0.216
P544	10860.000	533.704	0.022
P545	10880.000	534.434	0.730
P546	10900.000	535.035	0.601

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P547	10920.000	535.363	0.328
P548	10940.000	535.091	-0.272
P549	10960.000	535.039	-0.052
P550	10980.000	535.361	0.322
P551	11000.000	535.664	0.303
P552	11020.000	535.970	0.306
P553	11040.000	536.282	0.312
P554	11060.000	536.151	-0.131
P555	11080.000	536.156	0.005
P556	11100.000	536.340	0.184
P557	11120.000	536.373	0.033
P558	11140.000	536.297	-0.076
P559	11160.000	536.000	-0.297
P560	11180.000	535.878	-0.122
P561	11200.000	535.718	-0.160
P562	11220.000	535.510	-0.208
P563	11240.000	535.481	-0.029
P564	11260.000	535.443	-0.038
P565	11280.000	535.389	-0.054
P566	11300.000	535.209	-0.180
P567	11320.000	535.053	-0.156
P568	11340.000	535.020	-0.033
P569	11360.000	534.945	-0.075
P570	11380.000	535.149	0.204
P571	11400.000	535.718	0.569
P572	11420.000	536.294	0.576
P573	11440.000	536.452	0.158
P574	11460.000	536.241	-0.211
P575	11480.000	536.153	-0.088
P576	11500.000	535.862	-0.291
P577	11520.000	535.400	-0.462
P578	11540.000	534.875	-0.525
P579	11560.000	534.903	0.028
P580	11580.000	535.407	0.504
P581	11600.000	535.720	0.313
P582	11620.000	536.199	0.479
P583	11640.000	536.783	0.584
P584	11660.000	537.080	0.297
P585	11680.000	537.098	0.018
P586	11700.000	536.808	-0.290
P587	11720.000	536.475	-0.333
P588	11740.000	536.291	-0.184
P589	11760.000	536.281	-0.010
P590	11780.000	536.490	0.209
P591	11800.000	536.074	-0.416
P592	11820.000	534.851	-1.223

CHAPITRE III : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.

P593	11840.000	535.380	0.529
P594	11860.000	535.895	0.515
P595	11880.000	536.255	0.360
P596	11900.000	535.551	-0.704
P597	11920.000	534.878	-0.673
P598	11940.000	534.370	-0.508
P599	11960.000	533.374	-0.996
P600	11980.000	532.287	-1.087
P601	12000.000	531.227	-1.060
P602	12020.000	530.078	-1.149
P603	12040.000	529.839	-0.239
P604	12060.000	529.676	-0.163
P605	12080.000	531.148	1.472
P606	12100.000	532.874	1.726
P607	12120.000	534.586	1.712
P608	12140.000	534.795	0.209
P609	12160.000	534.757	-0.038
P610	12180.000	534.610	-0.147
P611	12200.000	534.213	-0.397
P612	12220.000	533.969	-0.244
P613	12240.000	534.017	0.048
P614	12260.000	533.618	-0.399
P615	12280.000	533.538	-0.080
P616	12300.000	533.918	0.380
P617	12320.000	534.392	0.474
P618	12340.000	534.720	0.328
P619	12360.000	534.791	0.071
P620	12380.000	533.474	-1.317
P621	12400.000	531.985	-1.489
P622	12420.000	530.062	-1.923
P623	12440.000	529.213	-0.849
P624	12460.000	528.528	-0.685
P625	12480.000	528.117	-0.411
P626	12500.000	528.380	0.263
P627	12520.000	528.832	0.452
P628	12540.000	529.344	0.512
P629	12560.000	530.727	1.383
P630	12580.000	532.857	2.130
P631	12600.000	533.570	0.713
P632	12620.000	533.088	-0.482
P633	12640.000	533.024	-0.064
P634	12660.000	532.816	-0.208
P635	12680.000	531.934	-0.882
P636	12700.000	533.143	1.209
P637	12720.000	533.215	0.072
P638	12740.000	532.910	-0.305

P639	12760.000	532.299	-0.611
P640	12780.000	531.335	-0.964
P641	12800.000	529.706	-1.629
P642	12820.000	528.514	-1.192
P643	12840.000	527.907	-0.607
P644	12860.000	528.131	0.224
P645	12880.000	528.088	-0.043
P646	12900.000	527.763	-0.325
P647	12920.000	526.465	-1.298
P648	12940.000	525.173	-1.292
P649	12960.000	523.872	-1.301
P650	12980.000	522.572	-1.300
P651	13000.000	522.308	-0.264
$\Sigma L=$	13000	ΣDH	-10.158

$$\frac{H}{L} = \left| -\frac{10.158}{13000} \right| = 0.00078. \quad Dc = 0.07 \%$$

TABLEAU.III. 2:Le Classification du terrain Dénivelée cumulée.

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$Dc < 1.5\%$
2a	Plat mais inondable	$Dc = 1.5\%$
2b	Terrain vallonné	$1.5\% < Dc \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$Dc > 4\%$

B) Sinuosité :

La sinuosité σ d'un tracé est définie par le quotient de sa longueur sinueuse **Ls** par sa longueur totale **L**. On considère comme « longueur sinueuse » la somme des segments courbes dont le rayon de courbure en plan est inférieur ou égal à **200 mètres**.

Application Numérique

✓ Calcul de la sinuosité :

$$\sigma = Ls \div L$$

Avec :

- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieurs ou égale à 200m ($R \leq 200m$).
- **L** : la longueur totale de la route.
- **Ls=0** si aucun rayon n'est inférieur à 200m.

Dans notre cas :

$$L = 13000 \text{ m}$$

$$Ls = 0$$

$\sigma = 0 \rightarrow$ Caractéristique d'une sinuosité faible

TABLEAU.III. 3:sinuosité.

N°	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma < 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma < 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

TABLEAU.III. 4:Environnement de la route.

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E3	E3

III.3 Catégorie de la route :

Conformément au référentiel technique **B40** relatif à l'aménagement des routes en Algérie, le réseau est structuré en **cinq catégories fonctionnelles**. Ce classement est établi selon des critères d'importance économique et des objectifs administratifs

❖ **Les Cinq catégories de la route sont :**

- **Catégorie 1 :** Axes stratégiques reliant les **pôles économiques majeurs**.
- **Catégorie 2 :** Itinéraires assurant la liaison entre les zones d'**industrie lourde (transformation)** et les zones d'**industrie légère**.
- **Catégorie 3 :** Maillage territorial reliant les **chefs-lieux de Wilaya et de Daïra** qui ne sont pas déjà couverts par les catégories supérieures.
- **Catégorie 4 :** Raccordement des **centres de vie secondaires** au réseau structurant (Cat. 1, 2 et 3).
- **Catégorie 5 :** Réseau local comprenant les routes et pistes n'emargeant pas aux classes précédentes.

Dans le cas de notre projet, et après l'analyse des données il s'avère que La catégorie de notre projet rentre dans la CAT 2

III.4 La vitesse de référence :

La vitesse de référence (**V_r**) constitue le paramètre fondamental de conception d'un projet routier. Elle définit la vitesse maximale permettant une circulation sécurisée et fluide pour les véhicules rapides dans des conditions normales. Sa valeur est fixée par le croisement de deux facteurs déterminants : la catégorie fonctionnelle de la route et le type d'environnement traversé.

TABLEAU.III. 5: La vitesse de référence.

Environnement Catégorie	E1	E 2	E3
CAT 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 4	100-80-60	80-60-40	60-40
CAT 5	80-60-40	40 60	40

Pour notre projet et après analyse des données il s'avère que **V_r = 80km/h** .



CHAPITRE IV :

ETUDE DU TRAFIC.



IV.1 Généralité :

L'étude du trafic est une composante essentielle de la planification routière. Elle vise à quantifier et qualifier les déplacements (origine-destination) pour optimiser la gestion du réseau. La prévision des flux est l'outil décisionnel permettant de :

1. Déterminer les paramètres géométriques des tronçons.
2. Justifier l'intérêt économique du projet.
3. Budgétiser les coûts d'entretien futur de la chaussée

IV.2 Différents Types De Trafic :

Pour une étude de transport, les termes sont définis comme suit

IV.2.1 Trafic De Transit :

Le trafic de transit désigne les flux dont l'origine et la destination se situent toutes deux à l'extérieur du périmètre d'étude. Ce paramètre est déterminant pour justifier l'opportunité de réaliser une déviation ou un contournement, afin de délester les zones urbaines des flux traversants

IV.2.2 Trafic D'échanger :

Origine à l'intérieure et réciproquement (important pour définir les points d'échange).

IV.2.3 Trafic Local :

Trafic qui se déplace à l'intérieure de la zone étudiée.

IV.2.4 Trafic Journalier Moyen Annuel (T.J.M.A) :

Égale au trafic total de l'année devise par 365 jours.

IV.2.5 Unité De Véhicules (U.V.P) :

Pour évaluer la capacité d'une route, on convertit le trafic réel en **UVP**. Cette méthode permet d'intégrer l'impact différencié des types de véhicules sur l'écoulement du trafic. Le calcul repose sur l'application d'un facteur multiplicateur :

- **1 véhicule léger (VL) = 1 UVP**
- **1 poids lourd (PL) = 2 UVP**

A. Trafic aux heures de pointes :

- Les heures de pointe du matin (HPM) et les heures de pointe du soir (HPS).
- Le trafic journalier de fin de semaine.

B. Le trafic journalier moyen d'été ;

- Important pour les régions estivales.

IV.3 Analyse Des Trafics Existants :

L'analyse du trafic existant constitue une phase pivot de l'étude routière. Elle vise à établir un diagnostic précis des conditions de circulation actuelles à travers plusieurs indicateurs clés:

- **La volumétrie** : Mesure des débits de circulation sur les axes structurants.
- **La structure du parc** : Détermination de la composition du trafic par catégorie de véhicules (VL/PL).
- **Le niveau de service** : Évaluation des conditions de fluidité et identification des seuils de saturation.
- **La matrice des flux** : Analyse des relations Origine-Destination (O-D) pour comprendre les motivations de déplacement. Cette démarche diagnostique repose impérativement sur une phase préalable de collecte rigoureuse des données de terrain.

IV.4 Mesure Des Trafics

Le recueil des données de trafic repose sur deux approches méthodologiques complémentaires :

- **Les comptages routiers** : Ils fournissent une base **quantitative** indispensable pour évaluer le volume de circulation (débits horaires, journaliers et annuels).
- **Les enquêtes de circulation** : Elles apportent une dimension **qualitative**, permettant de comprendre les motifs de déplacement, la nature des marchandises transportées ou encore les matrices Origine-Destination

IV.4.1 Compactage :

Cette opération consiste à enregistrer le flux de véhicules circulant sur une section donnée. Le recueil de ces données peut être effectué selon plusieurs modes opératoires, dont les principaux sont les suivants

Les comptages manuels :

Les comptages manuels Effectués par des opérateurs sur le terrain, ces relevés permettent d'affiner les données brutes des compteurs automatiques. Leur intérêt principal réside dans la détermination précise de la **structure du trafic**. Ils permettent d'identifier spécifiquement la part des **poids lourds** et des **transports en commun**, données indispensables pour convertir le trafic en **TMJA** (Trafic Moyen Journalier Annuel) et dimensionner les structures de chaussée.

Les comptages automatiques:

Le comptage automatique s'appuie sur une détection physique au sol. Le passage des roues sur un tube en caoutchouc crée une onde de pression captée par un boîtier enregistreur. Cette méthode permet de quantifier le trafic sur de longues périodes sans intervention humaine constante. Selon les besoins de l'étude, ces dispositifs sont déployés de manière **permanente** (pour établir le profil saisonnier) ou **temporaire** (pour des besoins spécifiques au projet).

IV.4.2 Enquêtes : « origine-destination »

Les comptages de volume gagnent à être complétés par des données qualitatives sur l'origine et la destination des usagers. L'**enquête cordon** est la méthode de référence pour cette analyse : elle crée une "ligne virtuelle" autour d'une zone géographique prédéterminée. En recensant les véhicules franchissant cette limite, elle permet de cartographier avec précision les courants de circulation entre les différentes zones

IV.5 Calcul De La Capacité :

La **capacité d'une infrastructure routière** se définit comme le débit horaire maximal de véhicules pouvant franchir une section donnée dans des conditions de circulation définies. Ce seuil de performance n'est pas fixe ; il résulte de l'interaction entre les caractéristiques intrinsèques de l'ouvrage et des facteurs externes. La capacité est ainsi modulée par :

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

IV.6 Calcul Du Trafic Effectif :

Le **trafic effectif** correspond au flux réel converti en **Unités de Véhicules Particuliers (UVP)**. Cette conversion est ajustée selon la catégorie de la route et la nature de l'environnement traversé. Elle s'appuie sur des coefficients d'équivalence qui permettent de traduire l'impact géométrique et dynamique des poids lourds (PL) en un nombre équivalent de voitures légères.

$$T_{eff} = [(1-Z) + Pz].T_n$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

TABLEAU.IV. 1: Valeurs du coefficient P.

Routes	E1	E2	3^E
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies	2	4	8

IV.7 Débit De Pointe Horaire Normal :

Le **débit de pointe horaire normal (Q)** représente la charge maximale de trafic que l'infrastructure doit pouvoir écouler durant l'heure la plus chargée d'une journée type. Il est calculé comme une fraction du trafic effectif projeté à l'horizon de calcul (généralement 10 ou 20 ans) et s'exprime en **Unités de Véhicules Particuliers par heure (UVP/h)**.

$$Q = \frac{1}{\eta} \times t_{eff}$$

Avec :

$\frac{1}{\eta}$: Coefficient de pointe prise égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h.

IV.8 Débit Horaire Admissible :

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

$$Q_{adm} \text{ (UVP/h)} = K1.K2. C_{th}$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie.

TABLEAU.IV. 2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.

Env. et CAT	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
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.IV. 3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.

Env	E1	E2	E3
K2	0.75	0.85	0.90à0.96

TABLEAU.IV. 4: Valeurs de la capacité théorique.

Route à 2 voies de 3 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

IV.9 Application au projet :

D'après les résultats du trafic qui nous ont été fournis par la DTP de la wilaya de Timimoune

- Le trafic à l'année de compactage 2022 TMJA = 3000 V/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 5\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km /h.
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 50\%$
- L'année de mise en service sera en 2025
- Environnement (E1) - Catégorie (CAT2).
- La durée de vie estimée à 20 ans.

IV.9.1 Projection future du projet :

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

$$TJMA_{2022} = (1 + 0.05)^3 \times 3000$$

$$TJMA_{2022} = 3472.875 \text{ v/j}$$

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

$$TJMA_{2042} = (1 + 0.05)^{20} \times 3472.875$$

$$TJMA_{2042} = 9214.571 \text{ v /j}$$

IV.9.2 Trafic Effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + p.z] \times T J M A_h$$

- Année de mise en service

$$T_{\text{eff}2022} = [(1-0.5) + 3 \times 0.5] \times 3472.875$$

$$T_{\text{eff}2022} = 6945.75 \text{ uvp/j}$$

- Année horizon

$$T_{\text{eff}2042} = [(1-0.5) + 3 \times 0.5] \times 9214.571$$

$$T_{\text{eff}2042} = 18429.142 \text{ uvp/j}$$

IV.9.3 Débit de point horaire normal :

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

- $Q_{2022} = 0.12 \times 6945.75$
- $Q_{2022} = 833.49 \text{ uvp/h}$
- $Q_{2042} = 0.12 \times 18429.142$
- $Q_{2042} = 2211.497 \text{ uvp/h}$

IV.9.4 Debit horaire admissible:

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

Le débit que supporte une section donnée :

K1 : coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1 (d'après le B40)

K2 : coefficient correcteur pris égala 1.00 pour environnement (E1) et catégorie (C2) (d'après le B40)

Cth : capacité théorique

Cth = 2000 (d'après le **B40** pour **E1**, **C2** et pour une chaussée à **2 voies**).

- $Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 2000$

$$Q_{\text{adm}} = 1500 \text{ uvp/h /sens}$$

IV.9.5 Calcul nombre des voies :

Cas d'une chaussée unidirectionnelle $N = S \times Q / Q_{adm}$

S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3

$$N = (2/3) \times (2211.497/1500)$$

$$N = 0.98 = \mathbf{1 \text{ voie /sens.}}$$

IV.9.6 Calcul de l'année de saturation de 2x1 voies :

- $Q_{saturation} = 2 \times Q_{adm}$
- $Q_{saturation} = 2 \times 1500 = 3000 \text{ uvp/h}$
- $n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q})}{\ln(1+v)}$
- $= \frac{\ln(\frac{3000}{1500})}{\ln(1+0.05)}$
- $n = \mathbf{14 \text{ ans}}$
- D'où notre route sera saturée dans 14 ans après la mise en service donc l'année de saturation est 2039.



CHAPITRE V :

PARAMETRES CINEMATIQUE.



V.1 Distance De Freinage :

La **distance de freinage (d₀)** est la longueur nécessaire à l'immobilisation totale d'un véhicule à partir de l'instant où les freins sont actionnés. En raison des limites physiques de l'adhérence entre le pneumatique et la chaussée, cette distance est incompressible. Par convention, elle est calculée pour une **chaussée mouillée**, ce qui constitue la situation de sécurité la plus défavorable, et elle est ajustée selon la **pente longitudinale** de la section

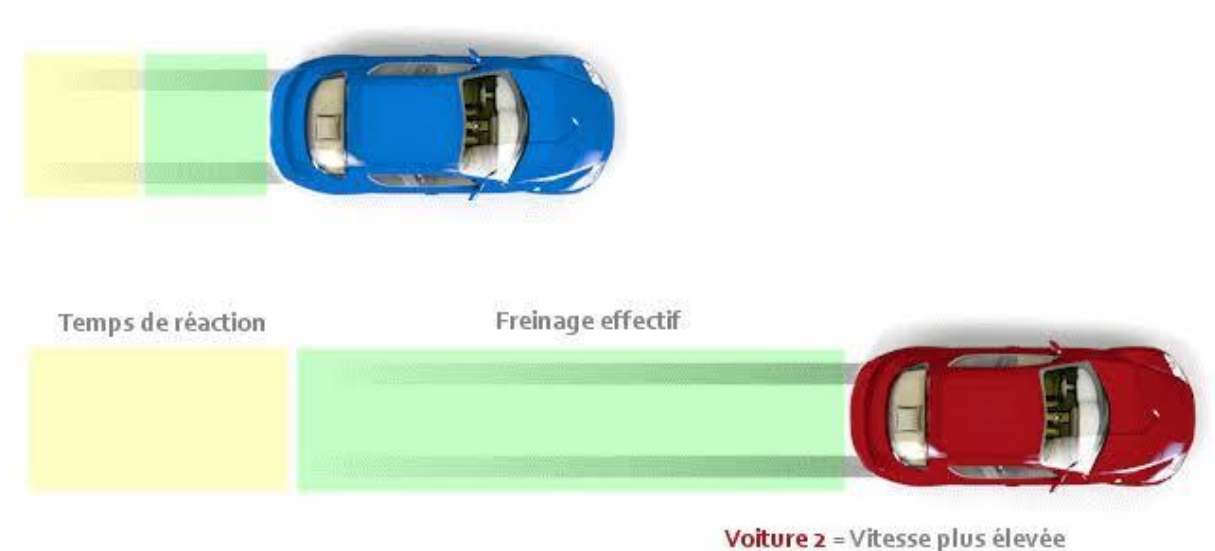


FIGURE.V. 1:1Distance de freinage.

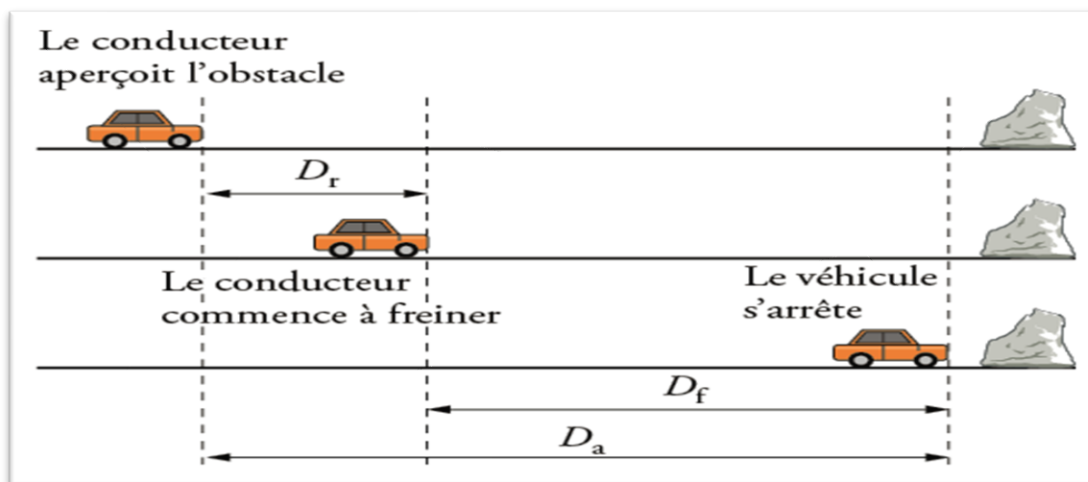


FIGURE.V. 2:1Distance de freinage.

Dans le cas général, la route est déclinée c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_t \pm e)}$$

Dans ce cas la formule **d0** sera :

Rampe :

$$d0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(fri+e)}$$

Pente :

$$d0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(fri-e)}$$

En palier (e=0) on aura : $d0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(frl)}$

e : Déclivité.

Vr : Vitesse de référence en Km/h.

frl: Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr.

Le coefficient de frottement longitudinal, noté *f*, est une variable dépendante de l'état d'usure des pneumatiques et de la nature du revêtement routier. Il est également influencé par la vitesse de circulation du véhicule.

TABEAU.V. 1:Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

Vr (Km/H)		40	60	80	100	120	140
frl	Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
frl	Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

Conformément aux prescriptions techniques de la norme **B40**, le coefficient de frottement longitudinal retenu pour les calculs de dimensionnement de ce projet est fixé à :

$$f_l = 0.39.$$

V.2 Temps de réaction :

La présence d'un obstacle sur la chaussée étant souvent imprévisible, le conducteur nécessite un délai pour identifier la nature du danger. Ce laps de temps, désigné comme le **temps de perception-réaction (TPR)**, est une variable individuelle influencée par l'état psychophysiologique de chacun. Les études comportementales s'accordent sur le fait que ce temps de réaction moyen est de

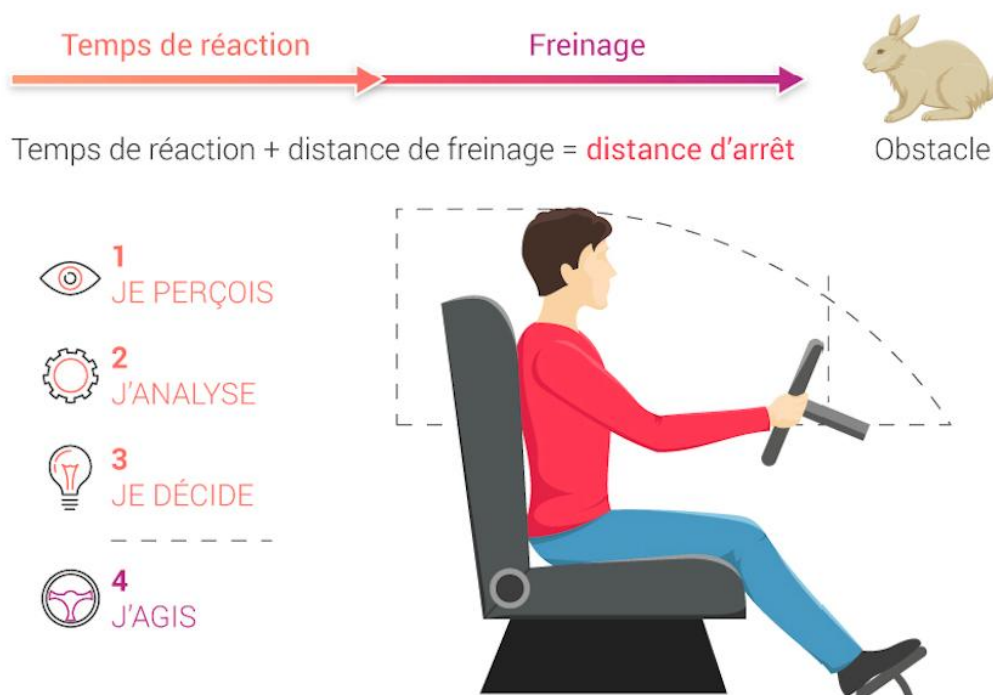


FIGURE.V. 3:Temps de réaction.

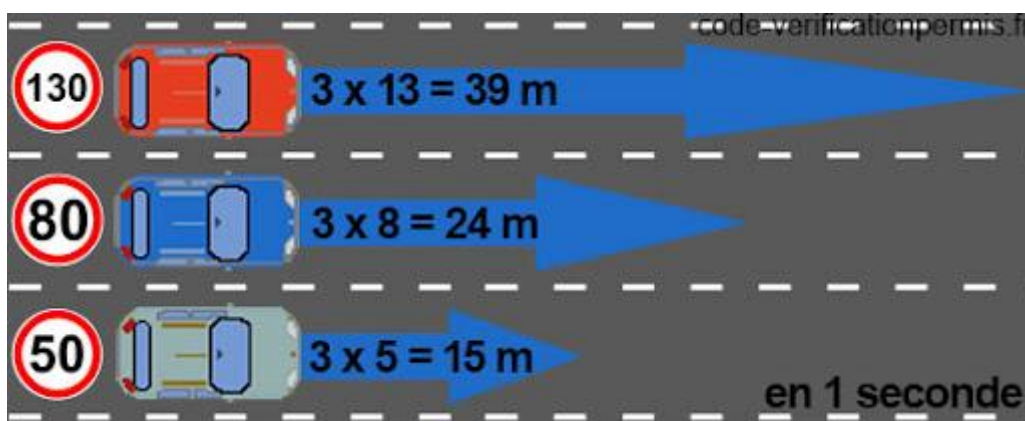


FIGURE.V. 4:Temps de réaction.

Le temps de perception-réaction (T) varie selon le degré de vigilance du conducteur et la soudaineté de l'événement. En fonction de la catégorie de la route et de la vitesse de référence, nous distinguons trois scénarios : »

- **Attention Concentrée** : $T = 0,6 \text{ s}$ (Réaction réflexe, conducteur en état d'alerte maximale).
- **Obstacle Prévisible** : $T = 1,2 \text{ s}$ (Situation où le danger est anticipé par le contexte).
- **Obstacle Imprévisible** : $T = 1,8 \text{ s}$ (Cas standard de surprise, nécessitant un temps d'analyse complet).

TABLEAU.V. 2:Les valeurs du temps de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr.

CAT Env	CAT 1-2		CAT 3-4	
VITESSE >	80	80	60	60
E1 et E2	1.8s	2s	1.8s	2s
E3	1.8s			

Donc la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$d_1 = v \times t$ Avec : v : m/s t : s

V.3 Distance D'arrêt :

La **distance d'arrêt (da)** représente la longueur totale parcourue par le véhicule depuis l'instant précis où l'automobiliste perçoit visuellement un obstacle jusqu'à l'immobilisation complète du véhicule.



FIGURE.V. 5:Distance d'arrêt.

TABLEAU.V. 3:Lois de distance d'arrêt.

Nature de route T(s)	Alignement droit	Courbe
1.8	$D1=d0+0.50v$	$D1=1.25d0+0.50v$
2	$D1=d0+0.55v$	$D1=1.25d0+0.55v$

D1 : distance d'arrêt.

D0 : distance de freinage.

V : vitesse (km/h).

V.4 Manœuvre De Dépassement

dvdm : Distance moyenne nécessaire pour la visibilité et la réalisation d'une manœuvre de dépassement.

dvdN : Distance réglementaire (normale) garantissant la visibilité et la sécurité lors d'un dépassement.

dmd : Distance globale de visibilité requise pour l'exécution d'une manœuvre de dépassement.

TABLEAU.V. 4:Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.

Vr(Km/h) Distance	40	60	80	100	120	140
dvd_m	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
dvd_N	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
dmd	70	120	200	300	425	/

Les paramètres relatifs aux distances de visibilité à savoir la **dvd_m**, la **dvd_N** et la **dmd** sont extraits des abaques de la norme **B40** en fonction de la vitesse de référence adoptée pour le projet.

L'espacement entre deux véhicules correspond à la distance de sécurité nécessaire pour éviter un impact. Elle se calcule sur la base du trajet parcouru en deux secondes, ce qui permet de couvrir largement le temps de réaction du conducteur. Ainsi, si le véhicule de tête freine brusquement, le conducteur suivant dispose d'une marge suffisante pour s'arrêter sans collision, à condition que les capacités de freinage soient identiques.

$$E = 8 + 0.2V + 0.003V^2$$

V.5 Application Au Projet :

V.5.1 Distance de freinage :

Pour notre projet on a fl : 0.39 (TABLEAU.V. 1)

En alignement droit : e = 0 (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(ft \pm i)}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{8^2}{(0.39)}$$

$$d_0 = 65.64 \text{ m}$$

Rampe :

$$e = 0.052$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(ft \pm e)}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39 + 0.052)}$$

$$d_0 = 57.91 \text{ m}$$

Pente :

$$e = 0.052$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(ft \pm e)}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39 - 0.052)}$$

$$d_0 = 75.73 \text{ m}$$

En palier (e=0) on aura :

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(fri)}$$

V.5.2 Distance d'arrêt :

En alignement droit :

On a $V_r = 80 \text{ km/h}$ $t = 2 \text{ s} \longrightarrow d = d_0 + 0.55V_r$

- **En palier** : $d = 65.64 + (0.55 \times 80) = 109.64 \text{ m}$.
- **En rampe** : $d = 57.91 + (0.55 \times 80) = 101.91 \text{ m}$.
- **En pente** : $d = 75.73 + (0.55 \times 80) = 119.73 \text{ m}$.

En courbe :

On a: $V_r = 80 \text{ km/h}$ $t = 2 \text{ s} \longrightarrow d = 1.25 d_0 + 0.55V_r$

En palier : $d = 1.25 \times 65.64 + (0.55 \times 80) = 126.05 \text{ m}$

En rampe : $d = 1.25 \times 57.91 + (0.55 \times 80) = 116.38 \text{ m}$

En pente : $d = 1.25 \times 75.73 + (0.55 \times 80) = 144 \text{ m}$

$D_{vdm} = 320 \text{ m}$ $d_{vdN} = 480 \text{ m} \longrightarrow d_{md} = 200 \text{ m}$ (TABLEAU.V. 4)

Espacement entre véhicules :

$$E = 8 + 0.2v + 0.003v^2$$

$$E = 8 + 0.2(80) + 0.003(80)^2 = 43.2$$

$$E = 43 \text{ m.}$$



FIGURE.V. 6:Espacement entre véhicules



CHAPITRES VI :

TRACE EN PLAN



VI.1 Introduction :

La phase initiale de tout projet routier consiste, pour l'ingénieur, à identifier le couloir de passage optimal sur le site. Le **tracé en plan** se définit comme une alternance de segments de droites (alignements) raccordés par des courbes géométriques. Il constitue la projection orthogonale de l'axe de la chaussée sur un plan horizontal, généralement représenté par une carte topographique ou un plan de courbes de niveau. Le dimensionnement de ses éléments doit impérativement garantir le confort et la stabilité des usagers, conformément aux prescriptions des codes routiers qui fixent ces paramètres selon la vitesse de référence et l'adhérence de la couche de roulement.

VI.2 La Vitesse De Référence (De Base) :

La **vitesse de référence (vb)** constitue le paramètre fondamental dictant les caractéristiques géométriques minimales nécessaires à l'aménagement des points singuliers, garantissant ainsi le confort et la sécurité des usagers. Afin de maintenir une cohérence de tracé, cette vitesse doit rester homogène sur de longues sections. Toute modification de la vb ne peut être autorisée que si elle coïncide avec une rupture environnementale clairement identifiable par le conducteur, telle qu'une zone urbaine ou un changement marqué de relief.

VI.2.1 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

VI.3 Paramètres Fondamentaux (B40) :

Dans le cadre de la conception de notre projet, et conformément aux référentiels normatifs, nous avons retenu une **vitesse de référence (v_b) de 80 km/h**. Ce choix classe l'infrastructure dans la **catégorie L1**, telle que définie par les directives de l'**ICTAAL 2000**. »

Le cadre normatif de notre projet s'appuie sur les prescriptions du manuel **B40**. Le respect de ces standards est impératif, tant lors de la phase de conception que durant l'exécution des travaux. Nous présentons ci-après une synthèse des exigences techniques les plus déterminantes pour la géométrie de l'axe.

- **Conformité à la B40** : Utilisation de courbes à raccordement progressif (clothoïdes) pour tous les rayons inférieurs au seuil RHnd.

- **Optimisation des Alignements** : Limitation de la part des lignes droites (entre 40 % et 60 %) pour assurer un équilibre entre confort de conduite et sécurité.
- **Préservation de l'Environnement et du Foncier** : Protection des terres agricoles, des forêts et des domaines privés.
- **Économie du Projet** : Contournement des obstacles hydrauliques (oueds) et des zones à risques géologiques pour réduire les coûts liés aux ouvrages d'art et aux fondations spéciales

VI.4 Les Éléments Du Tracé En Plan :

La géométrie d'un tracé en plan moderne repose sur la combinaison de trois entités fondamentales :

- **Les alignements droits** : Segments assurant la direction générale de l'itinéraire.
- **Les arcs de cercle** : Courbes à rayon constant permettant les changements de direction.
- **Les courbes de raccordement (CR)** : Éléments à courbure progressive (généralement des clothoïdes) assurant une transition fluide entre les droites et les cercles.

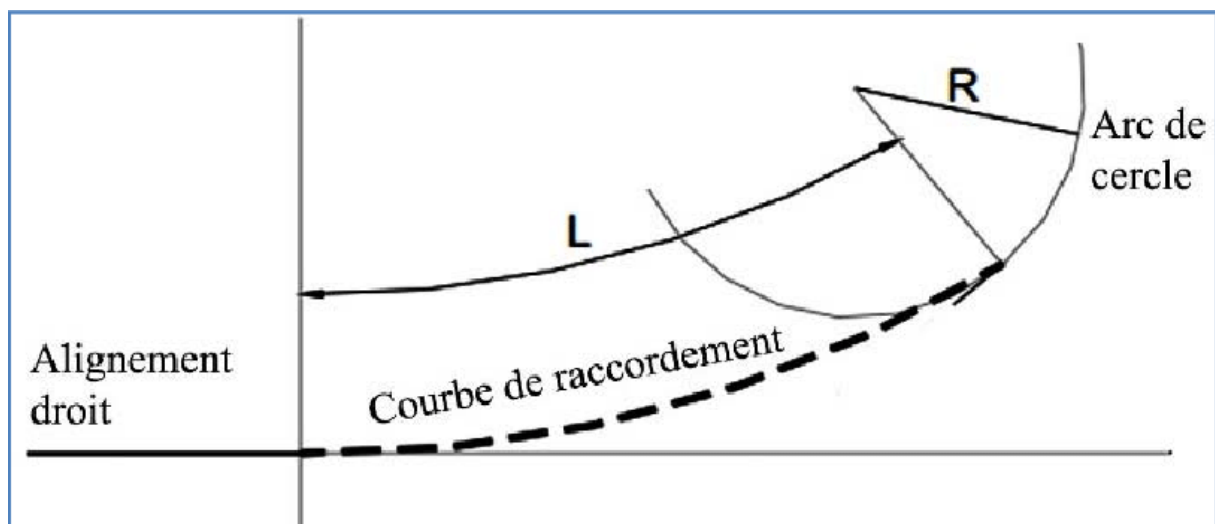


FIGURE.VI. 1:Élément du tracé en plan.

VI.4.1 Alignements droits :

Le tracé doit respecter une **longueur minimale d'alignement (L_{min})** entre deux courbes de même sens. Cette distance est calculée sur la base d'un trajet de **5 secondes** à la vitesse maximale autorisée par le plus grand des deux rayons. En cas d'impossibilité technique de respecter ce seuil, les deux arcs circulaires doivent être fusionnés ou reliés par des raccordements spécifiques (courbes en C, en S, en ove ou à sommet). Par ailleurs, pour prévenir la fatigue du conducteur, la **longueur maximale (L_{max})** d'un alignement ne doit pas excéder la distance parcourue en **60 secondes**.

Avec V en :

$$L_{min} = 5v \rightarrow (m/s); L_{max} = 60v \rightarrow (m/s).$$

Pour prévenir les ruptures de lisibilité de la route et les risques d'insécurité, l'ingénieur veillera à écarter les singularités de tracé listées ci-après:

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court

Solution : alignement à supprimer.

- Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon.

Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

VI.5.2 Les arcs de cercle :

La conception des courbes circulaires doit répondre à trois problématiques majeures :

- **La stabilité dynamique :** Assurer l'équilibre du véhicule face aux forces transversales.
- **La visibilité :** Garantir une distance de vue suffisante pour l'arrêt ou le dépassement en courbe.
- **L'inscription en courbe :** Permettre le passage des véhicules de grand gabarit dans les rayons réduits.

Lorsqu'un véhicule aborde un virage de rayon R, il est soumis à la force centrifuge qui compromet sa stabilité. Pour compenser cet effet et prévenir tout risque de dérapage, la chaussée subit une inclinaison transversale vers l'intérieur de la courbe. Cette pente est appelée **dévers** (ϵ) et est exprimée par sa valeur en pourcentage.

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu **RHm** avec :

TABLEAU.VI. 1:Dévers en fonction de l'environnement.

Environnement Devers	Facile	Moyen	Difficile
Devers Minimal			
• Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
• Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
• Cat 1-2	7%	7%	7%
• Cat 3-4	8%	8%	8%
• Cat 5	9%	9%	9%

VI.5 courbes en plan :

VI.5.1 Le Rayon Minimal Absolu (RHM min) :

Représente la limite géométrique inférieure admissible en tracé en plan. Il est calculé pour une courbe circulée à la vitesse de référence (Vb) avec l'application du dévers maximal autorisé (généralement 7 %), afin de garantir une marge de stabilité critique contre le dérapage

$$RHm = \frac{vr^2(km/h)}{127(d+ft)}$$

VI.5.2 Rayon Minimal Normal (RHN) :

Est dimensionné pour offrir une sécurité accrue. Contrairement au rayon minimal absolu, il est calculé pour permettre aux usagers circulant à une vitesse supérieure de **20 km/h** à la vitesse de référence (Vr) de franchir la courbe en toute stabilité.

$$RHm = \frac{(vr+20)^2}{127(d+ft)}$$

VI.5.3 Le rayon au devers minimal RHd :

Correspond au seuil de courbure au-delà duquel le profil en travers de la chaussée est incliné vers l'intérieur du virage. À cette valeur, l'accélération centrifuge résiduelle ressentie à la vitesse de référence (Vr) est équivalente à celle subie lors d'une circulation en alignement droit (profil en toit ou dévers minimal de 2,5 %).

Dévers associé

$$RH_m = \frac{v_r^2}{127(2 d_{min})}$$

d_{min} = 2.5% en catégorie 1 – 2

d_{min} = 3% en catégorie 3– 4

VI.5.4 Le rayon non déversé RH_{nd}:

Ce rayon spécifique correspond à la limite de courbure au-delà de laquelle l'inclinaison naturelle de la route (pour l'assainissement) peut être conservée, même si elle est orientée vers l'extérieur du virage. L'accélération centrifuge subie à la vitesse V_r est alors jugée acceptable au regard des critères de confort et de sécurité, sans inversion du dévers.

$$RH_m = \frac{v_r^2}{127(f'' - d_{min})}$$

VI.5.5 Détermination des dévers d max et d min :

TABLEAU.VI. 2: Dévers.

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
d min	2.50% -	2.50% -	3%	3%	4%
d max	7%	7%	8%	8%	9%

VI.5.6 Détermination du coefficient transversal f_t :

TABLEAU.VI. 3: Valeur du coefficient f_t .

V_r	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Cat 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	/

VI.5.7 Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

TABLEAU.VI. 4: Valeur du coefficient « F' ».

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

TABLEAU.VI. 5: Tableau récapitulatif.

Vitesse réf	80km /h
D_{max}	7 %
D_{min}	-2,50 %
d=d_{max}-2%	5%
F_t	0,13
f''	0,06

VI.5.8 Rayons en plan d'après les normes B40 :

TABLEAU.VI. 6:Les rayons en plan selon B40.

RHm	250,00 m
d(RHm)	7,0%
RHN	400,00 m
d(RHN)	5,0%
RHd	1000,00 m
d(RHd)	2,5%
RHnd	1500,00 m
d(RHnd)	-2,5%

$$RHm = \frac{vr^2(km/h)}{127(d+ft)} = \frac{80^2}{127(0.07+0.13)} = 251.9 \text{ m}$$

$$RHm = 251.9 \text{ m}$$

$$RHn = \frac{(vr+20)^2(\frac{km}{h})}{127(d+ft)} = \frac{(80+20)^2}{127(0.07+0.13)} = 393.70m$$

$$RHn = 393.70 \text{ m}$$

$$RHd = \frac{vr^2}{127(2 \text{ dmin})} = \frac{80^2}{127(2*0.025)} = 1007.87m$$

$$RHd = 1007.87m$$

$$RHnd = \frac{vr^2}{127(f'' - dmin)} = \frac{80^2}{127(0.06 - 0.025)} = 1439.82m$$

$$RHnd = 1439.82 \text{ m.}$$

TABLEAU.VI. 7:Les rayons en plan.

Rayon en plan	Calculés (m)	Norme B40
RHm	251.90	220
RHn	393.70	375
RHd	1007.87	800
RHnd	1439.82	1200

VI.5.9 Visibilité en courbe :

La visibilité à l'intérieur d'un virage peut être compromise par des obstacles latéraux tels que des talus de déblai, des massifs forestiers ou des constructions riveraines. Pour garantir la distance de visibilité réglementaire, deux leviers d'action sont envisageables : le dégagement latéral par le recul des obstacles (terrassement supplémentaire ou abattage) ou, à défaut, l'augmentation du rayon de courbure afin d'ouvrir l'angle de vue du conducteur.

VI.5.10 Sur largeur Un long

Lors du franchissement d'une courbe, un véhicule à deux essieux balaie une surface au sol supérieure à son gabarit statique, en raison du déport des roues arrière par rapport aux roues avant. Afin de maintenir le véhicule dans sa voie de circulation et d'éviter tout empiètement sur la voie adjacente, il est impératif d'appliquer un **sur-élargissement** de la chaussée. Pour un véhicule type, cette valeur est déterminée par la relation suivante :

$$S = 50 / R$$

R : rayon de l'axe de la route.

VI.6 Courbes de raccordements :

L'alternance simple d'alignements droits et d'arcs de cercle s'avère insuffisante pour une infrastructure moderne. L'insertion de **courbes à courbure progressive** est indispensable pour assurer une transition fluide et continue, permettant ainsi de garantir

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

VI.6.1 Clothoïde

La **clothoïde** est une courbe spirale dont la courbure varie de manière linéaire en fonction de l'abscisse curviligne. Cette propriété permet une transition douce depuis l'alignement droit (où le rayon est infini) jusqu'à l'arc de cercle (rayon R). Lorsqu'elle est parcourue à vitesse constante, elle garantit une variation constante de l'accélération transversale (gamma), éliminant ainsi les chocs dynamiques et optimisant le confort et la sécurité des usagers.

VI.6.2 Expression mathématique de la Clothoïde

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

On pose: $1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A$

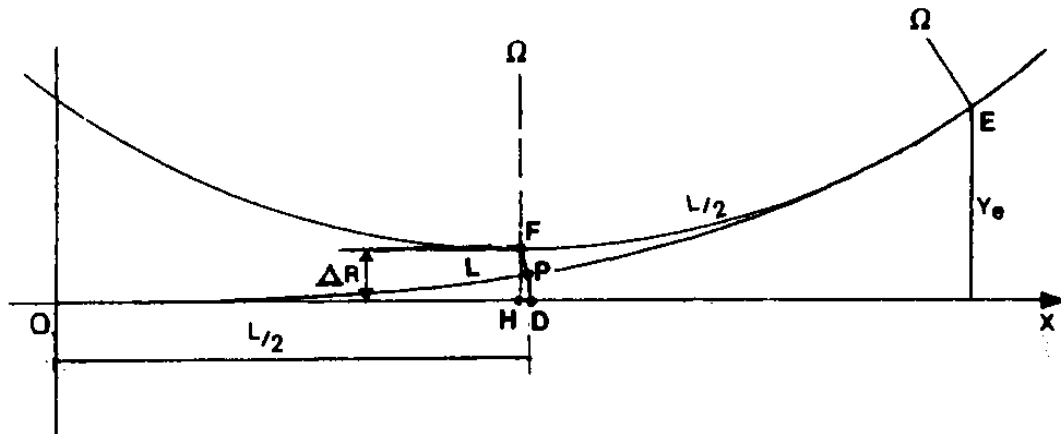


FIGURE.VI. 2:Elément de la Clothoïde.

R : rayon du cercle.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

$$\Delta R : \text{ripage} : \Delta R = L^2 / 24 * R$$

τ : angle des tangentes :

$$\tau = L/2 * R$$

TC : tangente courte.

TL : tangente longue σ : angle polaire.

SL : corde KE KA.

M : centre du cercle d abscisse X_m .

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

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

X : abscisse de KE

Y : ordonnée de KE

VI.6.3 Longueur de la Clothoïde

La longueur de la Clothoïde doit satisfaire les trois conditions suivantes :

Condition d'optique :

Pour la condition d'optique, on adoptera les conditions suivantes :

$$\tau \geq 3'' \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

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

$$\boxed{R/3 \leq A \leq R}$$

Règle générale (B40) :

	$R \leq 1500m$	$\Delta R = 1m$	(éventuellement 0.5m)
	$\boxed{L = \sqrt{24R\Delta R}}$		
	$1500 < R \leq 5000m$		
	$\boxed{L \geq R/9}$		
	$R > 5000m$	$\Delta R = 2.5 m$	
	$\boxed{L = 7.75 \sqrt{R}}$		

$$\tau \geq 3'' \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

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

$$\boxed{R/3 \leq A \leq R}$$

Règle générale (B40) :

	$R \leq 1500m$	$\Delta R = 1m$	(éventuellement 0.5m)
	$\boxed{L = \sqrt{24R\Delta R}}$		
	$1500 < R \leq 5000m$		
	$\boxed{L \geq R/9}$		
	$R > 5000m$	$\Delta R = 2.5 m$	
	$\boxed{L = 7.75 \sqrt{R}}$		

Condition de gauchissement :

Cette exigence vise à garantir un aspect visuel satisfaisant de l'infrastructure, particulièrement dans les zones de transition de dévers. Elle permet d'éviter les ruptures de perspective et les effets de "pli" au bord de la chaussée, en assurant une géométrie harmonieuse du tracé par rapport à son axe.

Condition:

$$\boxed{L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B}$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

Condition de confort dynamique :

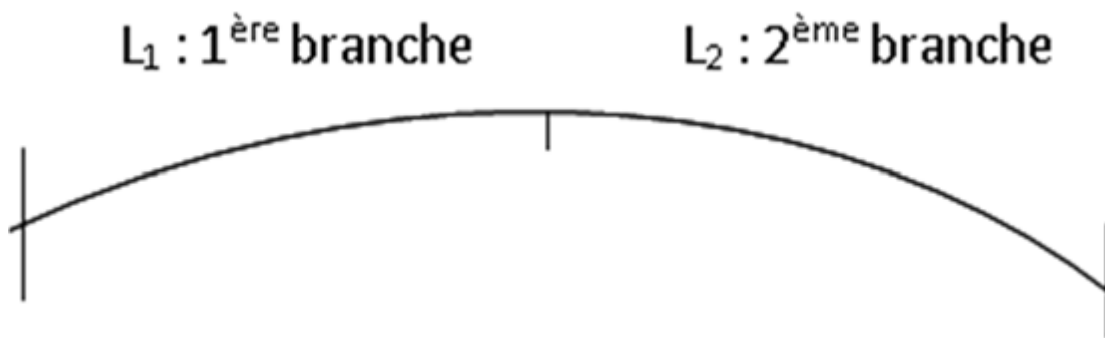
Cette condition vise à limiter la sollicitation physique subie par l'utilisateur lors de l'entrée en courbe. Elle consiste à encadrer le temps de parcours (t) du raccordement ainsi que la variation par unité de temps de l'accélération transversale (le "choc" ou *jerk*). En assurant une montée progressive de la force centrifuge, ce critère garantit la stabilité du véhicule et le confort des passagers.

$$L_3 \leq \frac{vr^2}{18} \left[\frac{vr^2}{127R} - \Delta d \right]$$

Finalement, la longueur de la Clothoïde sera le Max entre les L des 3 conditions

VI.6.4 Vérification de non-chevauchement :

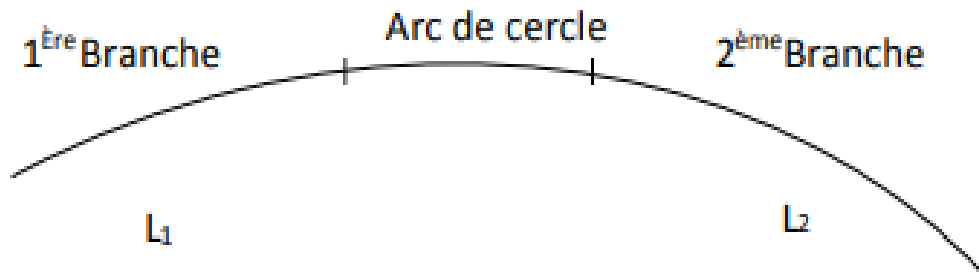
1er cas : $\tau < \dots$: Les deux alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde donc non-chevauchement.



Clothoïde sans arc de cercle :

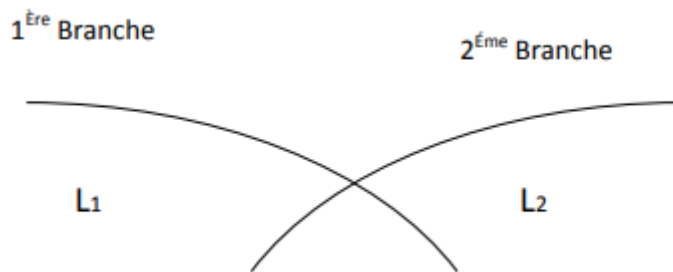
2ème cas :

$\tau = \frac{y}{2}$: les 2 alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde sans Arc de cercle.



Clothoïde avec arc de cercle :

3ème cas : $\tau > \frac{\gamma}{2}$: la construction de la Clothoïde est impossible == chevauchement



La résolution des contraintes de tracé repose sur l'arbitrage entre deux variables interdépendantes : la longueur de raccordement (L) et le rayon de courbure (R). Puisque L'est strictement encadrée par les seuils minimaux des critères optique, de gauchissement et de confort dynamique, l'optimisation du tracé passe nécessairement par une augmentation du rayon R. Cette solution permet de réduire les sollicitations dynamiques et d'assurer la conformité réglementaire de l'infrastructure.

VI.7 Conclusion:

En somme, les règles de dimensionnement du tracé en plan ne sont pas de simples contraintes géométriques, mais des impératifs visant à garantir des conditions optimales de sécurité cinématique et de confort dynamique. En adaptant les rayons de courbure et les longueurs de raccordement aux spécificités de chaque catégorie de route (comme la L1 pour ce projet), l'ingénieur assure une infrastructure lisible, stable et parfaitement adaptée aux attentes des usagers.



CHAPITRES VII :

PROFIL EN LONG.



VII.1 Définition :

Représentation continue issue d'une coupe longitudinale imaginaire, le profil en long d'une voie illustre l'évolution altimétrique de son axe selon l'abscisse curviligne. Sa vocation première est de garantir une fluidité spatiale au conducteur, facilitant ainsi l'anticipation de la trajectoire et l'identification aisée des points remarquables. Sur le plan géométrique, il se constitue systématiquement de segments rectilignes liés par des arcs paraboliques

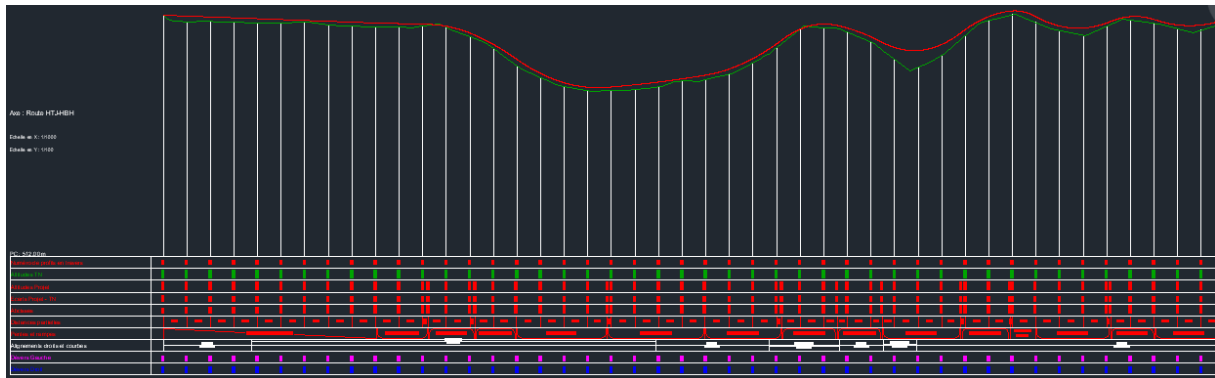


FIGURE.VII. 1:Profil En Long.

VII.2 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :

L'établissement de la ligne rouge, qui matérialise le projet définitif, n'est pas le fruit du hasard. Sa conception est strictement régie par des impératifs de confort, de visibilité, de sécurité routière et d'assainissement (évacuation des eaux). Ces exigences se traduisent par les conditions suivantes :

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits séparant des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

VII.3 Éléments de composition du profil en long

La géométrie du profil en long repose sur une succession de déclivités raccordées circulairement. À chaque abscisse, le projeteur doit préciser :

1. La côte du terrain naturel.
2. La cote du projet.
3. La valeur de la déclivité correspondante.

VII.4 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

L'interaction entre le tracé en plan et le profil en long nécessite une analyse globale. Cette approche vise à garantir l'intégration paysagère du projet, le maintien des conditions de visibilité et l'optimisation du confort visuel des usagers. Pour ce faire, il convient de

Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

R vertical > **6 × R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion.

Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

VII.5 Déclivité :

L'élaboration du profil en long est soumise à diverses contraintes techniques. La déclivité doit être plafonnée pour garantir la sécurité (efficacité du freinage en descente) et le confort thermique ou mécanique des moteurs (puissance des véhicules en montée). Mathématiquement, la déclivité correspond à la tangente de l'angle formé par la ligne rouge du projet avec l'horizontale. Elle est qualifiée de **rampe** en montée et de **pente** en descente.

VII.5.1 Déclivité minimum :

La conception de tronçons parfaitement horizontaux, appelés « paliers », est à proscrire pour garantir un drainage efficace des eaux de pluie. Bien que la pente transversale assure le déversement vers les côtés, elle doit être complétée par une pente longitudinale minimale pour l'évacuation via les fossés ou canalisations. Il est ainsi préconisé de maintenir une déclivité supérieure à 1 %, le seuil critique de 0,5 % ne devant jamais être franchi sous peine de provoquer une stagnation des eaux.

VII.5.2 Déclivité maximum :

D'un point de vue technique, le plafonnement de la déclivité est dicté par deux facteurs : l'adhérence pneumatique-chaussée, qui concerne l'ensemble des usagers, et la perte de vitesse

induite chez les poids lourds. Alors que les véhicules légers disposent généralement d'une réserve de puissance suffisante, les camions subissent un ralentissement marqué en rampe. Par conséquent, il est préconisé de ne pas excéder une pente de 8 %.

TABLEAU.VII. 1: Valeur de déclivité maximale (Normes B40).

Vr (km/h)	40	60	80	100	120	140
I _{max}	8	7	6	5	4	4

VII.6 Les raccordements en profil en long :

Les ruptures de déclivité représentent des points singuliers du profil en long qui nécessitent une attention particulière. Pour assurer la continuité du tracé, ces changements sont atténués par l'insertion de courbes de raccordements circulaires. Ces dernières doivent impérativement répondre aux exigences de visibilité de sécurité et de confort dynamique. On identifie alors deux configurations : les raccordements **convexes** (sommets) et les raccordements **concaves** (points bas)

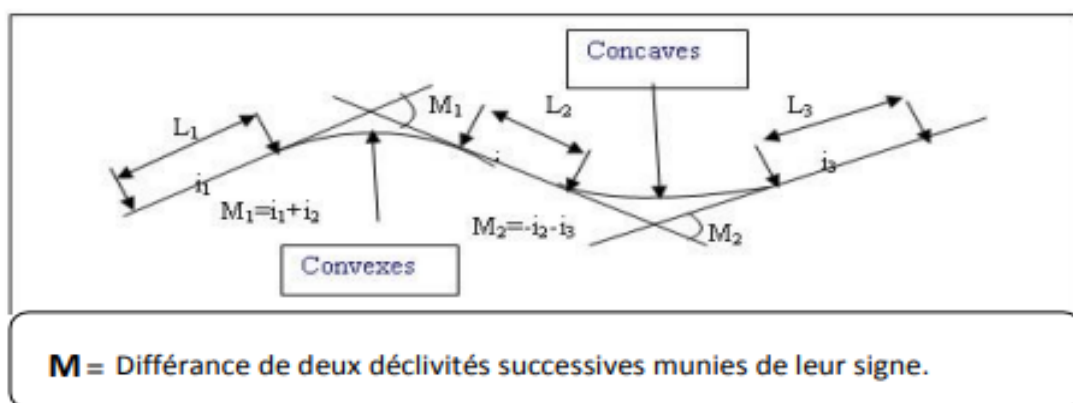


FIGURE.VII. 2: Raccordement convexe et concave.

VII.6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimaux des raccordements en **angle saillant** (convexes) sont calculés en fonction de la hauteur de l'œil du conducteur, de la taille des obstacles sur la chaussée, ainsi que des distances d'arrêt et de visibilité. Leur dimensionnement doit impérativement répondre aux deux exigences suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

VII.6.1.1 Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à :

$$g/40(\text{cat 1-2}) \text{ et } g/30 (\text{Cat 3-4-5})$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / R_v < g/40 \text{ avec } g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et } v = V/3,6$$

D'où :

$$R_{v\min} \geq 0,30 V^2 (\text{cat 1-2}).$$

$$R_{v\min} \geq 0,23 V^2 (\text{cat 3-4-5}).$$

Tel que :

R_v : c'est le rayon vertical (m) et V : vitesse de référence (km/h).

VII.6.1.2 Condition de visibilité :

Cette exigence s'applique exclusivement aux raccordements en points hauts (sommets), agissant comme une contrainte additionnelle venant s'ajouter au critère de confort dynamique.

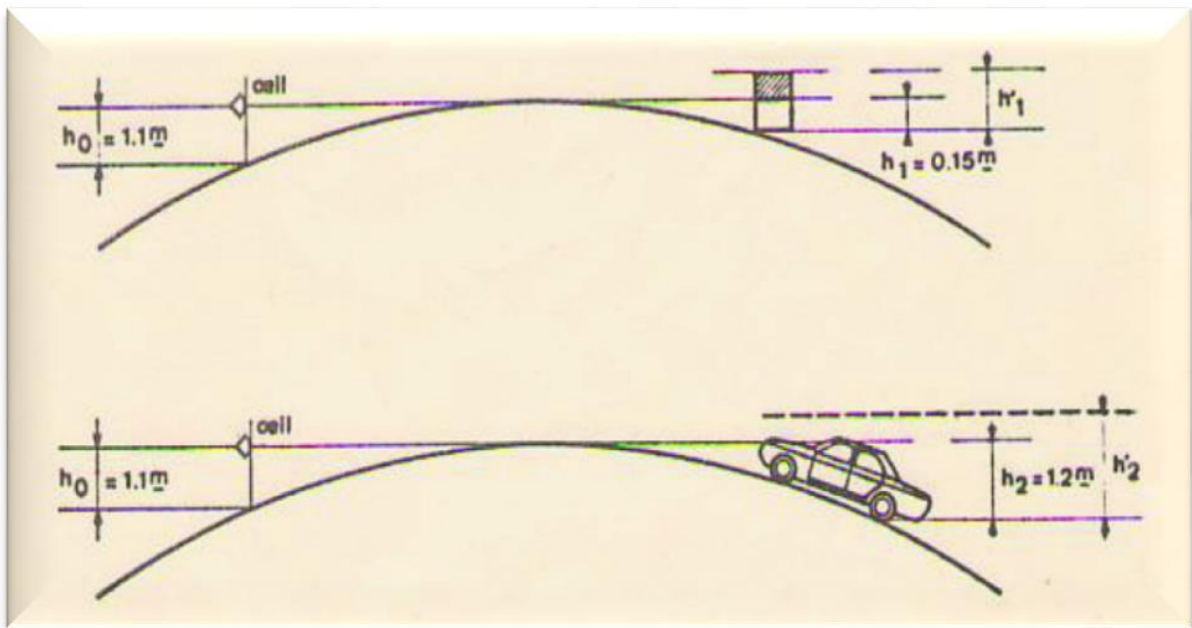


FIGURE.VII. 3:Visibilité.

Pour garantir la sécurité sur les sommets de côte, la géométrie doit permettre à deux usagers circulant en sens inverses de se détecter mutuellement à une distance équivalente au double de la distance d'arrêt minimale. Le rayon de raccordement nécessaire est alors défini

$$Rv \geq \frac{d^2}{2 \cdot (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 \cdot h_1})} \approx 0.27 D^2$$

d : Distance d'arrêt (m).

h₀ : Hauteur de l'œil (m).

h₁ : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

h₀=1,1 m

h₁= 0,15 m

On trouve : $Rv = ad^2 \rightarrow a = 0,24$

Pour Cat 1-2 $\rightarrow Rv = 0,24 d^2$

Les rayons garantissant le respect de ces deux conditions (visibilité et confort) sont fixés par les référentiels techniques en fonction de la vitesse de référence et de la catégorie de l'itinéraire. Pour une chaussée à sens unique et une vitesse de base donnée, les valeurs normatives sont les suivantes :

V_b=80 (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

TABLEAU.VII. 2:Rayons convexes (angle saillant) [B40].

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1 2	2500
Min-normal	RVN	6000
Dépassement	RVD	11 000

VII.6.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Pour les raccordements en points bas (concaves), la visibilité diurne ne constitue pas la contrainte majeure. C'est la visibilité nocturne qui est déterminante : la portée du faisceau des phares doit être suffisante pour permettre au conducteur de détecter tout obstacle à temps. Le rayon de raccordement doit alors satisfaire la relation suivante :

$$R'_v = \frac{d1^2}{1.5 + 0.035 \times d1}$$

Dans notre cas :

TABLEAU.VII. 3:Rayons concaves (angle rentrant).

Rayon	Symbole	Valeur
Min -absolu	Rvm1	2400
Min - normal	RVN	3000
Dépassement	RVD	11000

VII.7 Détermination pratique du profil en long :

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

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

À l'équation de la parabole

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

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).

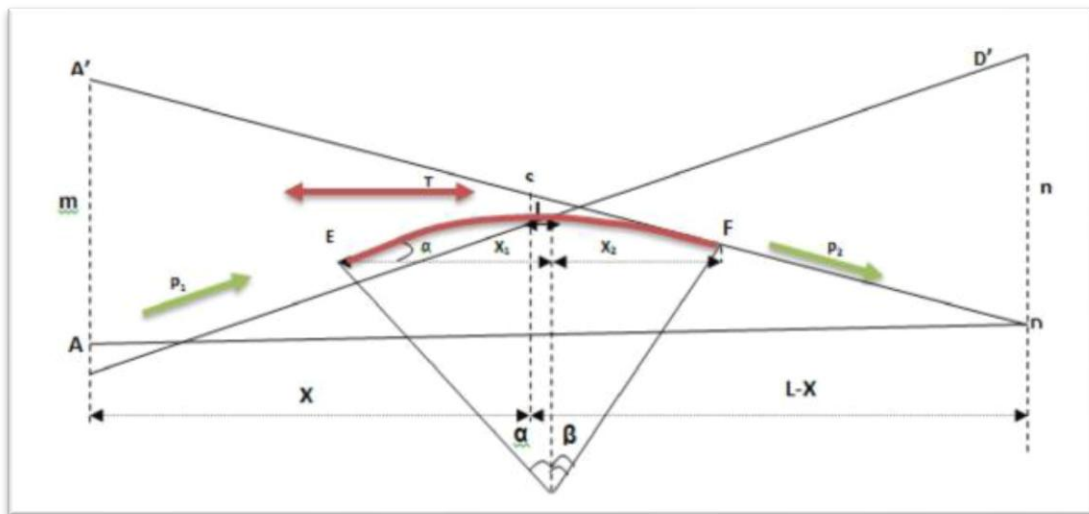


FIGURE.VII. 4: Détermination du profil en long.

VII.7.1 Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

$$ZD' = ZA + L.P2 ; m = ZA' - ZA$$

$$ZA' = ZD + L.P1 ; n = ZD' - ZD$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x}$$

$$S \quad XS = X + XA.$$

$$ZS = P1.X + ZA.$$

VII.8 Calculs de La tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

Pour le calcul de la variation de pente, on utilise le signe (+) si l'on passe d'une montée à une descente (ou inversement) et le signe (-) si le profil continue dans la même direction. La distance tangente (T) permet ensuite de positionner les points de raccordement E et F par rapport au sommet du projet.

$$E \begin{cases} X_E = X_s - T \\ Z_E = Z_s - T \cdot P_1 \end{cases} ; \quad F \begin{cases} X_F = X_s + T \\ Z_F = Z_s - T \cdot P_2 \end{cases}$$

VII.9 Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

VII.9.1 Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

VII.9.2 Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} H_x = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - x^2 / 2R \end{cases}$$

VII.9.3 Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

$$X_1 = R \cdot P_1 ; X_2 = R \cdot P_2$$

$$X_J = X_E + R \cdot P_1$$

$$\begin{cases} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

Dans la configuration de pentes de même sens, le point **J** se situe en dehors de la ligne de projet et ne revêt aucune utilité pratique. À l'inverse, pour des pentes de sens opposés, la localisation du point **J** devient stratégique pour l'assainissement, notamment en zone de déblai. Ce point marque la **ligne de partage des eaux** : le ruissellement s'effectue alors de part et d'autre de **J**, orientant les pentes des fossés vers les points **A** et **D**.

VII.10 Exemple de calcul de profil en long Rentrant :

Calcul de la tangente :

- Dans le cas où les déclivités sont de sens contraire : $T = \frac{Rv}{200}|P1+P2|$
- Dans le cas où les déclivités sont de même sens : $T = \frac{Rv}{200}|P1-P2|$

RV=5880.66 m.

$$T = \frac{5888.66}{200}|-0.31-0.19| \rightarrow T = 9.44 \text{ m}$$

La longueur L du raccordement verticale : $L = 2 \times T$

$$L = 2 \times 9.44 \rightarrow L = 18.84 \text{ m}$$

La flèche F :

$$F = \frac{T^2}{2Rv} = \frac{9.44^2}{2 \times 5888.66} \rightarrow F = 0.07 \text{ m}$$

Le tableau suivant donne les différentes valeurs relatives à notre projet :

TABLEAU.VII. 4:Les différentes valeurs relatives à notre projet.

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	rayons	T	L	fF
S1	-0.13 -0.19	Saillant	Sens contraire	5888.66	9.42	18.84	0.07
S2	0.52 -0.71	Rentrant	Sens contraire	6027.44	5.72	11.45	0.02
S3	-1.07 0.2	Saillant	Sens contraire	6121.22	26.62	53.25	0.05



CHAPITRES VIII :

PROFIL EN TRAVERS.



VIII.1 Généralités :

La définition du profil en travers type est une étape clé de la conception. Ce schéma directeur sert de gabarit pour l'ensemble des coupes perpendiculaires à l'axe du projet. Il fixe les règles pour les largeurs de plateforme, les pentes des talus et le système d'évacuation des eaux pluviales, ainsi que la répétition fastidieuse des cotations sur les profils d'exécution.

Les éléments du Profil en Travers :

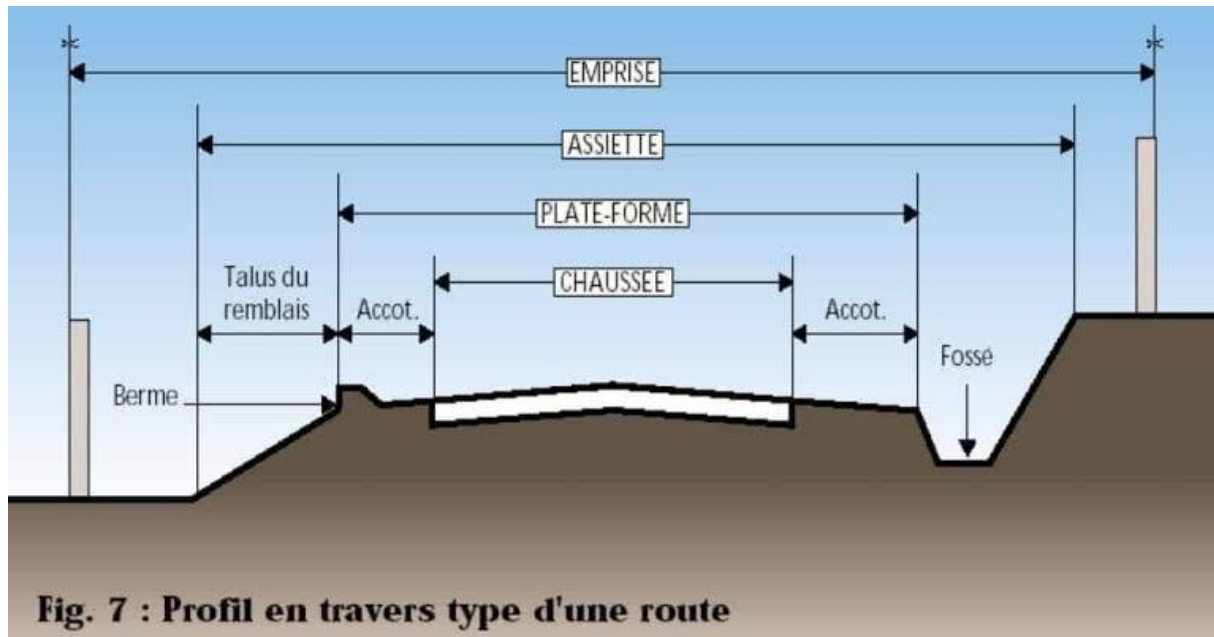


FIGURE.VIII. 1:Eléments du profil en travers.

VIII.1.1 La chaussée :

Partie intégrante de la plateforme, la chaussée est la structure traitée pour supporter le roulement des véhicules. Son dimensionnement transversal répond aux impératifs de capacité et de fluidité du trafic. Elle est segmentée en voies de circulation dont le nombre et la largeur varient selon les besoins de la desserte.

VIII.1.2 Les accotements :

Les accotements situés de part et d'autre de la chaussée, assurent désormais une fonction de stationnement alors qu'ils étaient historiquement réservés aux piétons ou au stockage de matériaux. Bien que les normes pour les routes à fort trafic préconisent des largeurs de **2 à 2,5 m** pour les bandes d'arrêt, notre étude s'appuie sur une largeur de **1,50 m**.

VIII.1.3 Plate-forme :

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

VIII.1.4 L'assiette :

Cette surface correspond à la route comprise dans les limites des terrassements

VIII.1.5 L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à sa dépendance limitée par le domaine public.

VIII.1.6 Le talus :

La pente du talus dépend de la cohésion des matériaux qui le forment ; elle est indiquée sous la forme d'une fraction (A/B) telle que :

- La base du talus.
- Hauteur du talus.

VIII.1.7 Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique conçu pour recueillir les eaux de ruissellement provenant de la route, des talus ainsi que les eaux pluviales.

VIII.1.8 Le terre-plein central T.P.C :

Cet aménagement garantit la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur est déterminée par l'ensemble de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

Cette bande a pour rôle de limiter l'effet de paroi lié aux dispositifs de sécurité. Elle est libre de tout obstacle, revêtue et reliée à la chauss

Bande médiane :

Elle a pour rôle de séparer physiquement les deux directions de circulation et de supporter différents équipements (barrières, panneaux de signalisation, etc.). Sa largeur minimale est fonction des éléments qui y sont installés.

VIII.1.9 La largeur roulable

Elle regroupe la chaussée, les surlargeurs de chaussée et la bande d'arrêt.

VIII.2 Classification Du Profil En Travers :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

VIII.2.1 Le profil en travers type :

Le profil en travers type constitue un document de base utilisé dans les projets de nouvelles routes ou dans l'aménagement des routes existantes. Il regroupe l'ensemble des éléments constructifs de la future route dans différentes situations, notamment en remblais et en déblais. Son application au profil correspondant du terrain, tout en respectant la cote du projet, permet de calculer l'avant-métré des terrassements.

VIII.2.2 Le profil en travers courant :

Il s'agit d'un document de base réalisé dans les projets routiers à des distances régulières (10, 15, 20, 25 m...). Il permet de déterminer les cubatures.

VIII.3 Application Numérique Au Projet :

Suite à l'analyse du trafic, le profil en travers type choisi pour la route est formé d'une chaussée bidirectionnelle. Les composants de ce profil en travers type se présentent comme suit :

- **Chaussée** : $3.5 \times 2 = 07,00$ m.
- **Accotement** : $1.5 \times 2 = 3.00$ m.



CHAPITRE IX :

CUBATURES.



IX.1 Généralités :

Les mouvements de terres englobent l'ensemble des opérations de terrassement visant à remodeler la topographie initiale du terrain. Cette transformation est indispensable pour préparer l'assiette des futurs ouvrages. Visibles à travers les profils en long et en travers, ces modifications se traduisent par des apports de matériaux (remblais) ou des extractions (déblais). L'évaluation quantitative de ces mouvements est définie par le calcul des cubatures.

IX.2 Définition :

Les cubatures de terrassement représentent la quantification des volumes de déblai et de remblai nécessaires pour atteindre la cote projet. Ce calcul repose sur l'exploitation combinée des profils en long, des profils en travers et des distances inter-profils. La précision du résultat dépend directement de la densité des points relevés : les segments joignant ces points doivent épouser au plus près les irrégularités du terrain naturel pour minimiser les écarts de mesure.

IX.3 Méthode De Calcul Des Cubatures :

Les cubatures consistent en la détermination quantitative des volumes de terrassement d'un projet. Bien que cette tâche soit complexe, elle est facilitée par diverses méthodes de calcul, notamment la **méthode de Sarraus**. Cette dernière repose sur l'évaluation des surfaces de déblai (SD) et de remblai (SR) pour chaque profil en travers. Le volume est ensuite obtenu par l'intégration des surfaces des tronçons situés entre deux profils successifs, permettant ainsi une estimation précise et simplifiée des mouvements de terres.

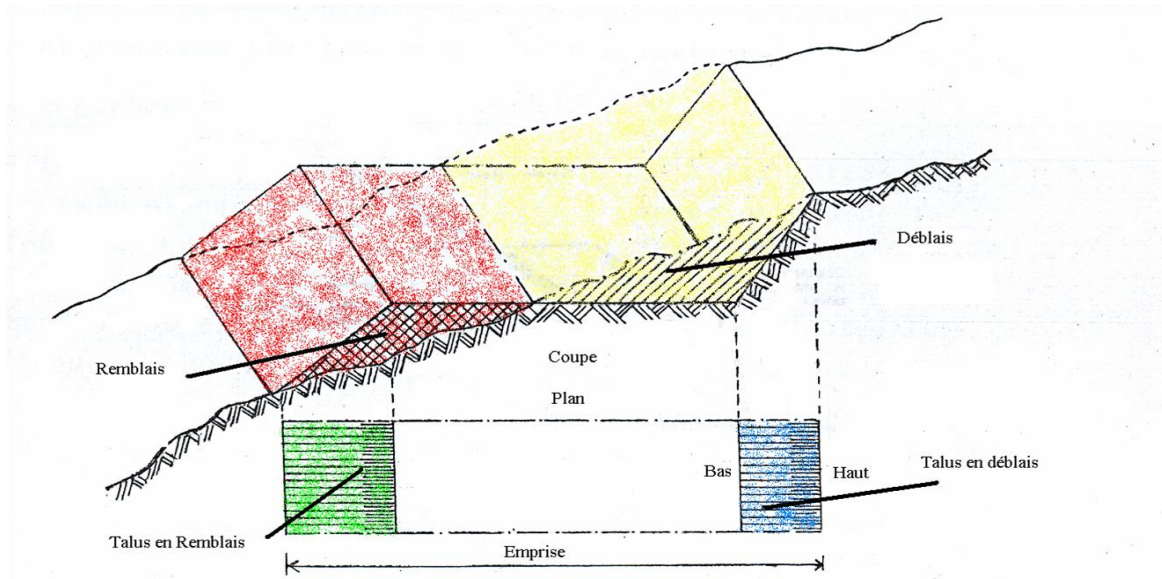


FIGURE.IX. 1:Volume déblai, remblai.

IX.3.1 Formule de Mr SARRAUS :

La méthode dite "formule des trois niveaux" permet d'évaluer avec précision les volumes de déblai ou de remblai entre deux profils en travers successifs. Contrairement à la méthode linéaire, elle utilise une interpolation parabolique en intégrant une section intermédiaire (réelle ou calculée) entre les deux profils. Cette approche mathématique permet de mieux appréhender les variations non linéaires du relief sur chaque tronçon.

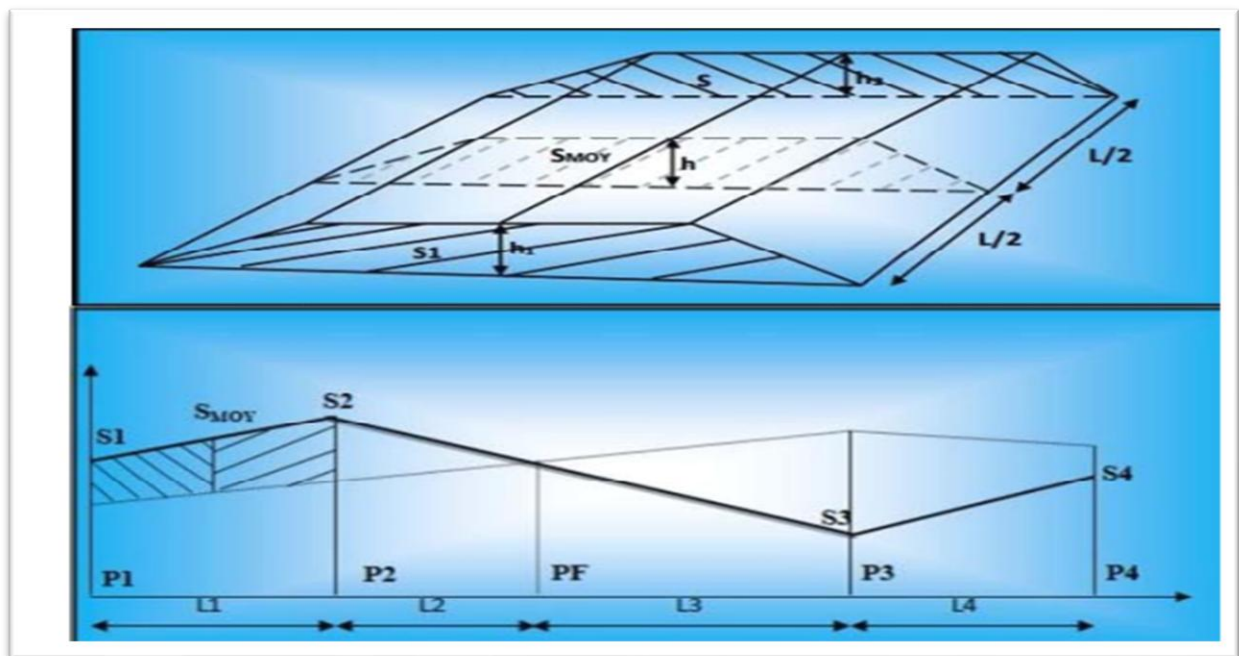


FIGURE.IX. 2:calcul volume deblai remblai.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$

PF : profil fictive, surface nulle.

Si : surface de profil en travers Pi.

Li : distance entre ces deux profils.

SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour simplifier les opérations de cubature, on substitue la surface médiane par la moyenne des surfaces d'extrémités. On obtient alors la formule simplifiée :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Ce compromis entre précision et rapidité d'exécution permet de traiter efficacement l'ensemble des tronçons du projet. »

Donc les volumes seront :

$$\text{Entre P1 et P2 : } V1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre P2 et PF : } V2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{Entre Pf et P3 : } V3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$$

$$\text{Entre P3 et P4 : } V4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

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

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

IX.3.2 Méthode de GULDEN :

La méthode basée sur le **théorème de Guldin** affine le calcul des volumes en intégrant l'excentricité des masses par rapport à l'axe du projet. Contrairement aux méthodes conventionnelles, elle pondère les surfaces des profils par le déplacement de leur **barycentre** suivant le rayon de courbure local. Dans cette approche, la notion classique de "longueur d'application" devient caduque, puisque le volume est généré par la rotation de la section autour du centre de courbure.

IX.3.3 Méthode linéaire :

La méthode classique repose sur une approche rectiligne où les surfaces et les largeurs de chaque profil sont multipliées par une **longueur d'application** fixe pour déterminer les volumes. Cette méthode fait abstraction de la géométrie en plan du projet ; par conséquent, les résultats obtenus restent identiques, que le tracé soit en ligne droite ou en courbe.

IX.4 Application au projet

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel Covadis. Les résultats détaillés sont en annexe. L'objectif fixé est de réduire au maximum la différence entre les volumes de déblais et remblais.

Volume total de décapage = 60000m³.

Volume des déblais : $V_D = 6487 \text{ m}^3$

Volume des remblais : $V_R = 20774 \text{ m}^3$

Différence de volume (excès de remblai) :

$$V_R - V_D = 20774 - 6487 = 14287 \text{ m}^3$$

$$V_R - V_D = 14287 \text{ m}^3.$$



CHAPITRE X :

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE



X.1 Introduction

La qualité d'une route ne s'arrête pas à ses lignes directrices ; elle réside dans son aptitude à supporter les surcharges d'exploitation et les agents extérieurs. La structure doit absorber les charges par essieu, particulièrement celles des poids lourds, tout en résistant au verglas et à l'humidité. Une exécution de haute qualité nécessite donc une maîtrise des caractéristiques mécaniques des couches, fondée sur une étude approfondie du sol de fondation et des granulats utilisés.

Le dimensionnement des structures de chaussée est une phase déterminante de l'étude technique. Cette étape consiste à sélectionner des matériaux conformes aux spécifications requises et à fixer les épaisseurs de chaque couche structurale. Cette conception repose sur l'analyse rigoureuse des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

Principe de la constitution des chaussées :

Ouvrage de répartition des charges, la chaussée transmet les efforts du trafic au terrain de fondation. Pour permettre un roulage rapide et sûr, sa surface doit rester indéformable face aux sollicitations suivantes :

❖ De la charge des véhicules

Le calcul des structures routières repose sur la limite légale de 130 kN par essieu standard. Cependant, le phénomène de surcharge modifie l'agressivité réelle du trafic. Lorsque la charge par jumelage excède les 65 kN autorisés, les contraintes mécaniques imposées à la chaussée dépassent les seuils de résistance prévus, accélérant ainsi les phénomènes de fatigue et de dégradation.

❖ Des intempéries

La température agit comme un agent de dégradation majeur sur les solides élastiques de la structure. Outre les contraintes de traction d'origine thermique, elle provoque des effets secondaires redoutables : le gonflement dû au gel, la perte de stabilité des enrobés sous l'effet du rayonnement solaire, et une altération chimique du liant bitumineux. Ce vieillissement prématuré rend la couche de roulement plus cassante et sujette à la fissuration.

❖ Des efforts tangentiels

Outre les charges verticales, la chaussée doit absorber des contraintes horizontales nées de la dynamique du véhicule : accélération, freinage et guidage transversal. Ces forces de cisaillement, transmises par frottement, sont au cœur des phénomènes d'adhérence. Elles sont à

l'origine de l'usure de surface, impactant directement la macrotexture de la chaussée et la longévité des pneus par la dissipation d'énergie mécanique.

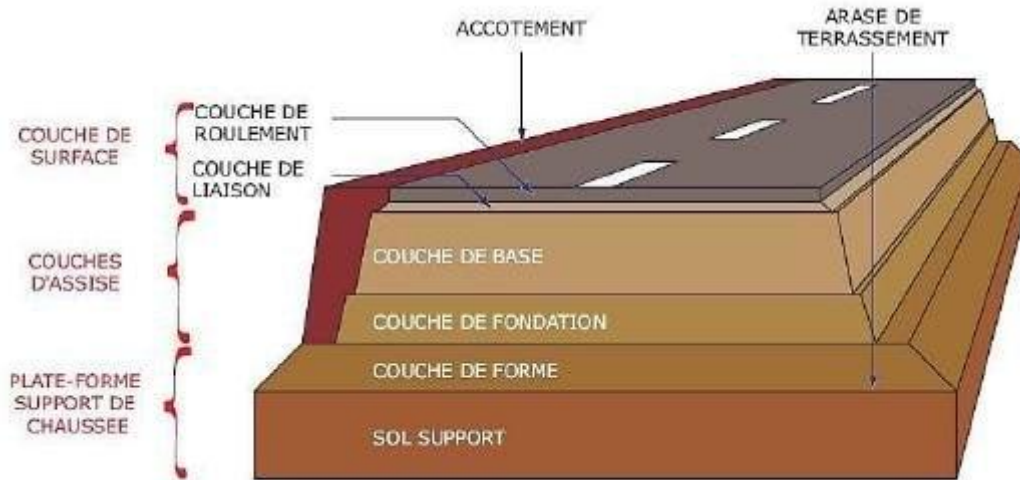


FIGURE.X. 1: Coupe transversale d'une structure de chaussée.

X.2 La chaussée :

X.2.1 Définition :

X.2.1.1 Définition géométrique :

Il s'agit de la partie de la route physiquement traitée pour supporter le roulement des véhicules, délimitée par les accotements ou les bordures.

X.2.1.2 Définition structurelle :

C'est un complexe technique formé de couches successives (fondation, base, roulement) dimensionnées pour absorber les charges dynamiques et les transmettre au terrain de fondation sans déformation irréversible.

La couche de surface :

Formée par l'association de la couche de roulement et de la couche de liaison, elle constitue l'interface directe avec le trafic. Ses fonctions principales sont :

- **Résistance mécanique** : Absorber les contraintes de cisaillement et les efforts tangentiels horizontaux.
- **Protection** : Garantir l'étanchéité de la structure pour préserver les couches d'assise de l'infiltration des eaux.
- **Service à l'utilisateur** : Offrir une adhérence optimale pour la sécurité, ainsi qu'un confort acoustique et un uni de surface (planéité).

- **Liaison structurale** : Assurer la diffusion des charges vers les couches d'assise plus rigides.

La couche de base :

Véritable pilier de la structure, cette couche a pour mission de reprendre les sollicitations verticales directes. Elle assure la diffusion et la réduction des contraintes normales afin de les transmettre de manière supportable aux couches sous-jacentes. Elle garantit ainsi la stabilité géométrique de la route sous le passage des essieux lourds.

Couche de fondation

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

La couche de forme (Interface Sol/Structure) :

Elle répond à des impératifs de mise en œuvre et de durabilité :

- **Nivellement** : Homogénéisation des surfaces rocheuses.
- **Portance immédiate** : Maintien de la viabilité pour les engins de terrassement sur sols argileux.
- **Optimisation structurelle** : Prise en compte de son module de déformabilité dans le calcul de la chaussée pour une meilleure répartition des épaisseurs.

X.3 Les Différentes Catégories De Chaussée.

Il existe deux catégories de chaussées :

- Les chaussées classiques (souples et rigides).
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides).

TABLEAU.X. 1:Les différentes catégories de chaussée.

Structure souple	Structure semi rigide	Structure rigide
• B.B • G.N.T • SOL SUPPORT	• B.B • G.T + G.B ou G.T • SOL SUPPORT	• BETON DE CIMENT • G.T • SUPPORT SOL

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

Concevoir une route durable implique de concilier géométrie et mécanique. Une fois mise en service, la chaussée subit des contraintes multiples : trafic intense et aléas météo (neige, verglas). Sa survie dépend de deux piliers : une connaissance parfaite du sol support et une mise en œuvre rigoureuse des matériaux choisis. Le dimensionnement structurel vient sceller cette démarche en définissant les épaisseurs optimales des couches de matériaux. Cette étude se termine par l'application pratique des méthodes de calcul de structure au tracé étudié.

X.4 Les Principales Méthodes De Dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

L'approche expérimentale (Epirique) : Elle utilise des abaques et des indices pratiques issus d'essais en vraie grandeur. C'est une méthode de sécurité basée sur ce qui a fonctionné par le passé.

L'approche théorique (Rationnelle) : Elle applique les lois de la mécanique des solides pour simuler la réponse de l'ouvrage. Cette méthode permet une optimisation plus fine en tenant compte des propriétés inhérentes (modules d'élasticité) de chaque matériau.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

Method C.B.R (California – Bearing – Ratio):

La méthode **CBR** est utilisée pour le prédimensionnement de la structure. Elle repose sur la caractérisation mécanique du sol de fondation (essai de poinçonnement à 90-100% de l'OPM). La formule empirique associée permet de déduire l'épaisseur globale du complexe de chaussée en fonction de la charge par roue et de la qualité du sol :

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

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 $P = 6.5 \text{ t}$ (essieu 13 t).

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3 + a_4 e_4.$$

$a_1 e_1$: Couche de roulement.

$a_2 e_2$: Couche de liaison.

a3 e3: Couche de base.

a4 e4 : Couche de fondation.

Où :

a1, a2, a3, a4 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3, e4 : épaisseurs réelles des couches.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée

On fixe e1, e2, e4 et on calcul e3 tel que :

e1 : Couche roulement 6 à 8 cm.

e2 : Couche deliaison 6 à 10 cm.

e3 : couche de base 10 à 25.

e4 : couche de fondation 15 à 35 cm

X.4.1 Coefficient d'équivalence

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

TABLEAU.X. 2:Coefficient d'équivalence des matériaux.

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

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=0}^n a_i \cdot e_i$$

X.5 Application Au Projet :

X.5.1 Méthode de l'indice CBR :

Données de l'étude :

Le trafic à l'année de compactage 2022 TMJA = 3500V/J.

Le trafic a l'année de mise en service 2025 TMJA = 3472.875 v/j

Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 5\%$.

La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80 \text{ km/h}$.

Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 40\%$

L'année de mise en service sera en 2025

Environnement (E1) - Catégorie (CAT2).

La durée de vie estimée à 20 ans

ICBR = 7

Calcul du trafic du VPL a l'année de mise en service :

$N_1 = \text{TMJA}_{2021} \times \%PL$.

$N_1 = 3472.875 \times 0.5 = 1736.4375 \text{ VPL/J}$.

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

$N_n = N_1 (1 + \tau)^n$

$N_{20} = 1736.4375 (1 + 0.05)^{20} = 4607.3 \text{ VPL/J}$.

X.5.2 Calcul d'épaisseur théorique :

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

Calcul d'épaisseur théorique :

On a : C.B.R = 7

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5})(75 + 50 \log \frac{4700}{10})}{7 + 5}$$

$e = 52.65 \text{ cm}$

$e \approx 53 \text{ cm}$

X.5.3 Calcul des épaisseurs des différentes couches :

Lorsque le corps de la chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalent de chaque matériau :

$$e = \sum_i^n C_i e_i$$

C_i : Coefficient d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.

e_i : Épaisseur de chaque couche.

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement en « Béton bitumineux » :

D'après le tableau ci-dessous

$$a_1 \times e_1 = 2.00 \times 7 = 14 \text{ cm}$$

Couche de liaison en « Grave bitumineux » GB 0/20 :

$$a_2 \times e_2 = 1.2 \times 10 = 11 \text{ cm}$$

Couche de Base en « Grave Non Traité GNT » 0/31.5 :

$$a_3 \times e_3 = 0.1 \times 20 = 2 \text{ cm}$$

Couche de fondation en « Tuf » :

$$a_4 = 0.6.$$

X.5.3.1 Epaisseur équivalente :

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

$$e = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3 + e_4 \times a_4$$

$$e = 8 \times 2 + 10 \times 1.2 + 20 \times 0.1 + e_4 \times 0.6 = 54 \text{ cm}$$

$$e_4 = 10.$$

Pour notre cas l'épaisseur réelle est de :

$$7 \text{ (BB)} + 20 \text{ (GNT)} + 25 \text{ (Tuf)}.$$

$$E = 52 \text{ cm}$$

TABLEAU.X. 3:Dimensionnement du corps de chaussée.

Couche	Epaisseur équivalent en cm	Epaisseur réelle cm
Couche de roulement BB	14	07
Couche de base GC	20	20
Couche de fondation en Tuf	19.8 = 20	25
Total	53.8 = 54	52



FIGURE.X. 2:Les couches de corps de chaussée.



CHAPITRE XI :

LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE.



XI.1 Introduction :

La géotechnique routière est une discipline scientifique qui s'intéresse aux propriétés physiques, chimiques et mécaniques des sols et des roches destinés à constituer l'assise des structures de chaussée. Elle aborde les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de diverses natures, soumises à des sollicitations internes et externes. Son rôle premier est d'identifier et de caractériser les différentes couches du sol, en précisant pour chacune ses propriétés mécaniques et physiques.

La réalisation d'un projet routier implique une connaissance approfondie des terrains traversés, ce qui rend indispensable la conduite de reconnaissances géotechniques. Ces dernières, menées à l'aide d'équipements adaptés aussi bien sur le terrain qu'en laboratoire, permettent au géotechnicien de cerner au mieux la nature et le comportement du massif de sol étudié, appelé à supporter le projet dans des conditions satisfaisantes.

En tant que branche appliquée de la géotechnique, la géotechnique routière traite de l'ensemble des problématiques propres à la route, notamment : la conception des remblais, les fondations de chaussée et la mise en œuvre des différentes couches constitutives de celle-ci.

XI.2 Objectifs de la géotechnique routière :

La géotechnique routière poursuit trois objectifs fondamentaux :

- Caractériser les sols qui serviront de support au corps de chaussée.
- Élaborer le projet de terrassement.
- Repérer les zones d'emprunt susceptibles de fournir les matériaux nécessaires aux remblais et à la construction de la chaussée.

XI.3 Moyens de reconnaissance :

La reconnaissance d'un tracé routier repose sur quatre approches complémentaires :

- L'exploitation des archives et documents disponibles, notamment les cartes géologiques et géotechniques.
- Les visites et inspections sur le terrain.
- Les essais réalisés in situ.
- Les essais effectués en laboratoire.

XI.4 Réglementation algérienne en géotechnique :

La géotechnique algérienne couvre un spectre large, allant de la reconnaissance des sols jusqu'à la conception et l'exécution des ouvrages, en passant par les essais en laboratoire et sur le terrain. Les normes algériennes en vigueur dans ce domaine portent principalement sur les modes opératoires et les essais de sols réalisés couramment en laboratoire dans le cadre des études géotechniques. On distingue notamment :

- Les essais de laboratoire dédiés à l'identification et à la classification des sols.
- Les essais en place, tels que les essais pressiométriques et les essais au pénétromètre statique ou dynamique.

XI.5 Les essais en géotechnique :

La caractérisation d'un sol nécessite la réalisation d'essais spécifiques. Selon la nature des propriétés étudiées, ces essais peuvent être conduits de deux manières :

- En laboratoire, sur des échantillons intacts ou remaniés prélevés sur le site, pour les essais portant sur le comportement à court terme.
- Directement dans le massif de sol, par des essais in situ, offrant une vision plus globale et continue du comportement du sol.

Les essais destinés à évaluer les caractéristiques à long terme sont quant à eux exclusivement menés en laboratoire, sur des échantillons intacts.

Les essais in situ présentent plusieurs avantages notables par rapport aux essais de laboratoire :

- Leur rapidité d'exécution permet de les multiplier, offrant ainsi une reconnaissance plus exhaustive du sol.
- Ils constituent parfois la seule option lorsque le prélèvement d'échantillons intacts s'avère impossible.
- Ils fournissent des résultats globaux et continus, là où les essais de laboratoire ne donnent que des données ponctuelles et discontinues.

Implantation des puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance, creusés à ciel ouvert à l'aide d'une pelle mécanique jusqu'au refus ou jusqu'à une profondeur maximale de 3,00 m, ont pour vocation de :

- Définir l'agencement lithologique des différentes strates rencontrées.
- Prélever des échantillons remaniés destinés aux analyses de laboratoire.

Des mesures de densité in situ et de teneur en eau ont également été effectuées au droit de chaque puits, à l'aide d'un gamma-densimètre.

XI.5.1 Essais physiques :

XI.5.1.1 Teneur en eau naturelle « W » — NF P 94-050 :

La teneur en eau correspond à la quantité d'eau présente dans un échantillon de matière (sol, roche, bois, etc.), exprimée sous forme d'un rapport entre les poids humide et sec. L'essai vise à déterminer le pourcentage massique d'eau contenu dans le sol étudié, c'est-à-dire la masse d'eau présente pour 100 grammes de sol sec.

a) **Appareillage** : étuve, récipients et balance (dont la sensibilité varie selon la nature du sol : 0,01 g pour les sols fins, 0,1 g pour les sols sableux, 1 g pour les sols grossiers).

b) **Mode opératoire** : L'essai est réalisé en double afin d'en prendre la moyenne. L'échantillon humide, dont la masse minimale varie selon la grossièreté du sol (30 g, 300 g ou 3 000 g), est placé dans un récipient taré et introduit dans l'étuve. Après 15 heures, la pesée est effectuée. L'écart entre deux pesées successives ne doit pas dépasser 0,1 %.

Calcul :

$$W (\%) = [(Ph - Ps) / Ps] \times 100$$

où Ph est le poids humide et Ps le poids sec de l'échantillon.



FIGURE.XI. 1:Essais Teneur en eau.

XI.5.1.2 Masse volumique — NF P 94-054 / NF P 94-053 :

La masse volumique (γ) désigne la masse d'un volume unitaire de sol : $\gamma = W / V$. La masse volumique sèche est quant à elle calculée par : $\gamma_{ds} = W_s / V$. L'essai repose sur le principe de la poussée d'Archimède : en mesurant le volume d'eau déplacé lors de l'introduction d'un poids connu de sol sec, on peut en déduire le poids volumique des grains solides. Cet essai est principalement utilisé pour la classification des sols.

XI.5.1.3 Analyse granulométrique par tamisage :

L'analyse granulométrique consiste à étudier la répartition dimensionnelle des grains d'un échantillon selon leur taille et leur masse. Elle s'applique à la fraction comprise entre 80 μm et 50 mm et peut être réalisée selon deux méthodes : le tamisage par voie humide (NF P 94-041) ou le tamisage à sec après lavage (NF P 94-056).

L'essai permet de déterminer la grosseur et les proportions pondérales des différentes familles de grains composant l'échantillon. Son principe consiste à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériau par brassage sous eau, à les fractionner sur une série de tamis après séchage, puis à peser les refus cumulés sur chaque tamis.

Matériel requis :

Appareillage conforme à la norme P 18-553, bacs, brosses, balance (précision 0,1 %), étuve ventilée à $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, dispositif de lavage, colonne de tamis.

Mode opératoire simplifié :

- Calculer la masse sèche M_s à partir de la teneur en eau.
- Procéder au tamisage par voie humide à 80 μm , puis au tamisage à sec des refus.
- Peser les refus cumulés (R_i) et calculer les pourcentages de refus (PR_i) et de tamisats (T_i) pour chaque tamis.



FIGURE.XI. 2:Analyse granulométrique par tamisage.

XI.5.1.4 Équivalent de sable — NF P 18-598 :

Cet essai évalue la propreté d'un sable en mesurant la proportion d'éléments fins présents. Il est réalisé sur la fraction passant au tamis de 5 mm et exprime, sous la forme d'un rapport volumétrique conventionnel, la relation entre les éléments sableux sédimentés et les éléments fins flocculent.

La valeur ES (Équivalent de Sable) est calculée comme suit :

$$ES = (\text{hauteur de la partie sableuse sédimentée} / \text{hauteur totale}) \times 100$$

Mode opératoire :

après tamisage, 120 g d'échantillon sont versés dans une éprouvette contenant une solution flocculante. Après agitation de 30 secondes, la solution est complétée jusqu'au trait supérieur. À l'issue d'une période de repos de 20 minutes, les hauteurs h1 (niveau de séparation liquide-matériau) et h2 (mesurée au piston) sont relevées. L'essai est répété trois fois.



FIGURE.XI. 3:Équivalent de sable.

XI.5.1.5 Limites d'Atterberg — NF P 94-051 :

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles définissant les transitions entre les différents états de consistance d'un sol en fonction de sa teneur en eau :

- **Limite de liquidité (WL)** : seuil entre l'état liquide et l'état plastique.
- **Limite de plasticité (WP)** : seuil entre l'état plastique et l'état solide.
- **Limite de retrait (Ws)** : seuil entre l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait.
- **Indice de plasticité (IP)** : étendue du domaine plastique.
- **Indice de consistance (Ic) et indice de liquidité (IL)** : indicateurs de l'état naturel du sol. L'essai se déroule en deux phases : la détermination de WL par la méthode de Casagrande (fermeture d'une rainure sous l'effet de chocs répétés) et la détermination de WP par le roulage d'un boudin de sol jusqu'à fissuration à 3 mm de diamètre.



FIGURE.XI. 4:Limites d'Atterberg.

XI.5.1.6 Essai d'évaluation des carbonates — NF P 94-048 :

Cet essai mesure la teneur en carbonate de calcium (CaCO_3) d'un échantillon de sol ou de roche. Il repose sur la réaction de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le CaCO_3 , entraînant un dégagement de CO_2 mesuré à l'aide d'un calcimètre. À partir de la courbe d'étalonnage, la masse de carbonate est déterminée et la qualification de l'horizon est établie selon le tableau du GEPPA.

XI.5.2 Essais mécaniques :

XI.5.2.1 Essai Proctor modifié — NF P 94-093 :

Mis au point par l'ingénieur Proctor en 1933, cet essai permet de déterminer la teneur en eau optimale (Wopt) conduisant à la densité sèche maximale d'un sol compacté dans des conditions fixées. En compactant un même sol à au moins cinq teneurs en eau différentes, on trace la courbe Proctor et on identifie l'optimum Proctor modifié (OPM), particulièrement utilisé pour les couches de chaussées granulaires.

Mode opératoire : 5 500 g de matériau sont tamisés et répartis en cinq couches dans le moule Proctor, chacune compactée à 56 coups. L'opération est répétée pour différentes teneurs en eau (2 %, 4 %, 8 %...). Après tracé de la courbe, on extrait la densité sèche optimale et la teneur en eau optimale.



FIGURE.XI. 5:Essai Proctor modifié.

XI.5.2.2 Essai CBR — NF P 94-078 :

L'indice CBR (California Bearing Ratio) est un indicateur empirique de la portance d'un sol à vocation routière. Il permet, par l'utilisation d'abaques, de calculer l'épaisseur des couches nécessaires à la structure de chaussée, en fonction de la charge par essieu et du trafic attendu.

L'essai consiste à mesurer la force nécessaire pour faire pénétrer un piston cylindrique à vitesse constante (1,27 mm/min) dans une éprouvette de sol, et à comparer les valeurs obtenues aux enfoncements conventionnels de 2,5 mm et 5,0 mm à celles d'un matériau de référence.

Trois types d'indices sont mesurés selon les objectifs :

- **IPI (Indice Portant Immédiat)** : aptitude du sol à la circulation des engins de chantier.
- **CBR immédiat** : portance du sol compacté à différentes teneurs en eau.

- **CBR après immersion** : portance après 4 jours d'immersion, tenant compte des variations du régime hydrique.



FIGURE.XI. 6:Appareil de l'essai CBR.

XI.5.2.3 Essais chimiques :

Essai au bleu de méthylène (VBS):

Cet essai mesure l'activité et la teneur en argile d'un sol. Les molécules de bleu de méthylène se fixent sur les surfaces externe et interne des feuillets argileux, et la quantité adsorbée par 10 grammes de sol constitue la Valeur au Bleu du Sol (VBS). L'essai consiste à ajouter progressivement des doses de 5 ml de solution à une suspension de sol, jusqu'à l'apparition d'une auréole bleue caractéristique autour de la tache de sol.

XI.5.2.4 Essais des enrobés :

1. Essai de compacité :

Cet essai mesure la compacité d'une fraction granulaire soumise à une sollicitation mécanique définie dans un cylindre. Il s'applique aux granulats naturels ou artificiels utilisés dans le bâtiment et le génie civil. La méthode du nucléo-densimètre, reposant sur l'émission de rayons γ depuis une source radioactive placée en surface, permet de mesurer directement la densité du sol en place.

2. Essai de carottage :

Le carottage est un essai destructif qui consiste à découper et extraire de la chaussée un échantillon cylindrique appelé carotte. L'examen visuel de la carotte et de la paroi de la cavité renseigne sur la nature, l'épaisseur et l'état des matériaux, ainsi que sur la qualité des interfaces entre couches et la présence éventuelle de fissures. Pour chaque couche, on détermine l'épaisseur (E_p), l'indice d'état du matériau (IEM) et, le cas échéant, l'indice d'état de la fissure (IEF) et de l'interface (IEI).

L'essai comprend quatre phases successives : mise en place de la carotteuse, exécution du carottage, extraction de la carotte, et observation de la carotte et de la cavité. L'appareillage utilisé est une carotteuse de type CECPA ou équivalent, complétée d'une équerre d'angle, d'une pince d'extraction et d'un appareil photographique.



CHAPITRE XII : ASSAINISSEMENT.



XII.1 Généralités :

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

- Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, etc..).
- Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée).
- Les regards et ouvrages de raccordement.

XII.2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulent directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de visibilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (Danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

XII.3 Assainissement de la chaussée :

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

XII.3.1 Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

XII.3.2 Fossé de crête de déblai :

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

XII.3.3 Fossé de pied du talus de remblai :

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

XII.3.4 Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant de route.

Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre.

Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

XII.3.5 Descentes d'eau :

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2.50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1%, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

XII.4 Définitions des termes hydrauliques :

XII.4.1 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 considérée (exutoire).

XII.4.2 Collecteur principal (canalisation) :

C'est la conduite principale récolant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

XII.4.3 Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et leur nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pentes longitudinales de la canalisation.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100 m.

XII.4.4 Sacs :

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 entraînés, par les eaux superficielles.

Les ouvrages des écoulements 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 buses.

Fossés :

Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement.



CHAPITRE XIII :

Signalisation routière et
éclairage.



XIII.1 Signalisation :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers. Bien signaler, c'est bien communiquer. Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

XIII.2 Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XIII.3 Critères à respecter pour les signalisations :

Il est indispensable, avant d'entamer la conception de la signalisation, de respecter certains critères afin que celle-ci soit bien vue, lue et comprise :

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respect des règles d'implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Éviter la multiplication des signaux et des super-signaux, car la surabondance nuit à l'efficacité.

XIII.4 Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XIII.4.1 Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux. Ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

Elle peut être classée en quatre classes :

XIII.4.1.1 Signaux de danger

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

XIII.4.1.2 Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

XIII.4.1.3 Signaux à simple indication

Panneaux en général de forme rectangulaire, parfois terminés en pointe de flèche :

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

XIII.4.1.4 Signaux de position des dangers

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

XIII.4.2 Signalisation horizontale

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

Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée, et pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

XIII.4.2.1 Le jaune

- Marques interdisant l'arrêt ou le stationnement.
- Lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus.
- Marquage temporaire.

XIII.4.2.2 Le bleu

- Éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

XIII.4.2.3 Le rouge

- Damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

XIII.4.2.4 La signalisation horizontale se divise en trois types

Marquages longitudinaux :

Lignes continues :

Elles ont un caractère impératif : elles ne sont pas franchissables, sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue.

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage. Elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues et les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

TABLEAU.XIII. 1:Modulation de la ligne continue.

Type De Modulation	Longueur Du Trait (M)	Epissure 16-18	Intervalle Entre Deux Traits Successifs (M)	Rapport Plein Vide
T1	3.00	18 cm	10.00	Environ 3
T'1	1.50		5.00	
T2	3.00	18 cm	3.50	Environ 3
T'2	0.50		0.50	
T3	3.00	18 cm	1.33	Environ 3
T'3	20.00		6.00	

Largeur Des Lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité “ u ” différente selon Le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour “ u ”.

$u = 7,5$ cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne.

$u = 6$ cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation.

$u = 5$ cm sur toutes les autres routes.

$u = 3$ cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de “ u ” doit être homogène sur tout un itinéraire. En particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à l'autre.

Marquages transversaux :

- **Lignes transversales continues** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinues** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

XIII.4.3 Autres signalisations

XIII.4.3.1 Les flèches de rabattement

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

XIII.4.3.2 Les flèches de sélection

Ces flèches, situées au milieu d'une voie, signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

Elles sont utilisées pour :

- Piétons.
- Cyclistes.
- Stationnement.
- Ralentisseurs de type dos d'âne.

XIII.5 Application au projet

XIII.5.1 Les signalisations horizontales

- **Flèche de sélection :**

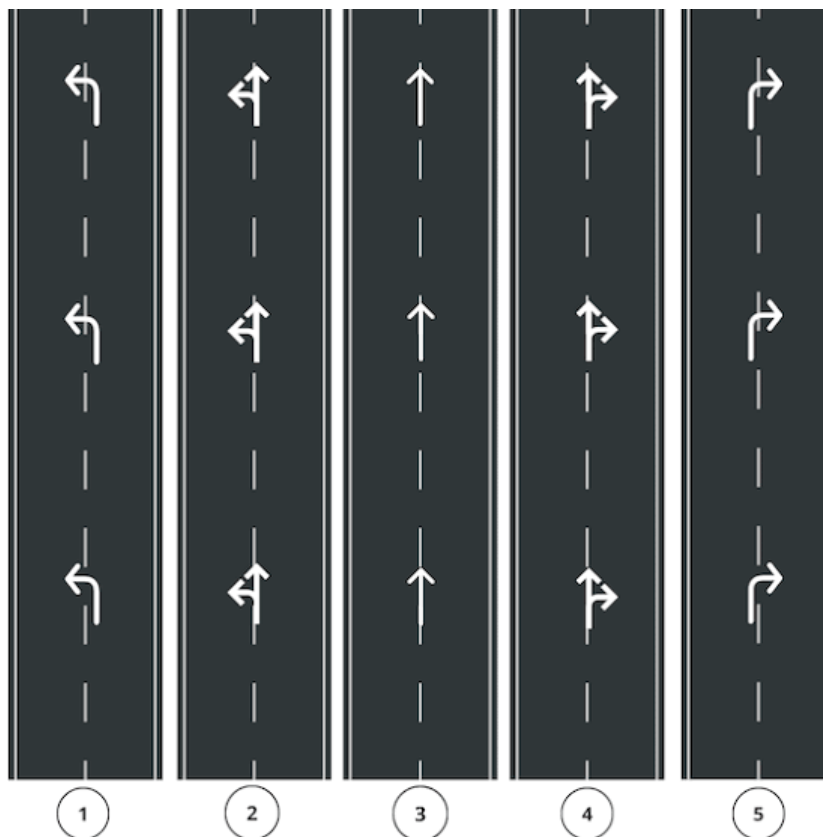


FIGURE.XIII. 1:Flèche de sélection.

- **Marque sur la chaussée :**



FIGURE.XIII. 2:Marque sur la chaussée.

- **Flèche de rabattement :**

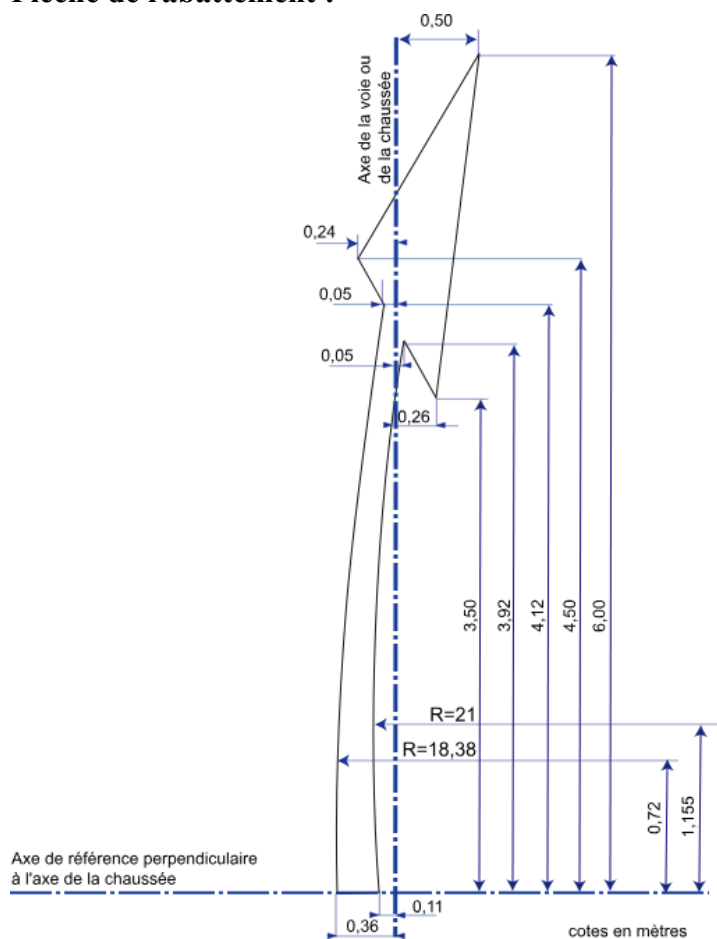


FIGURE.XIII. 3:Flèche de rabattement.

- **Schéma de signalisation STOP sur chaussée :**

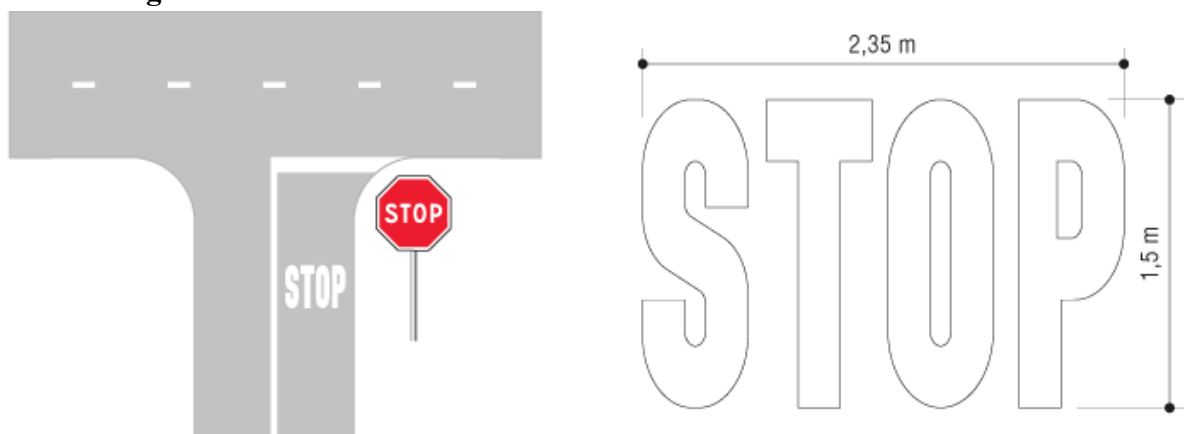


FIGURE.XIII. 4:Schéma de signalisation STOP sur chaussée.

- Schémas de marquage par hachures sur le nez d'îlot :
Suppression de la bande d'arrêt d'urgence

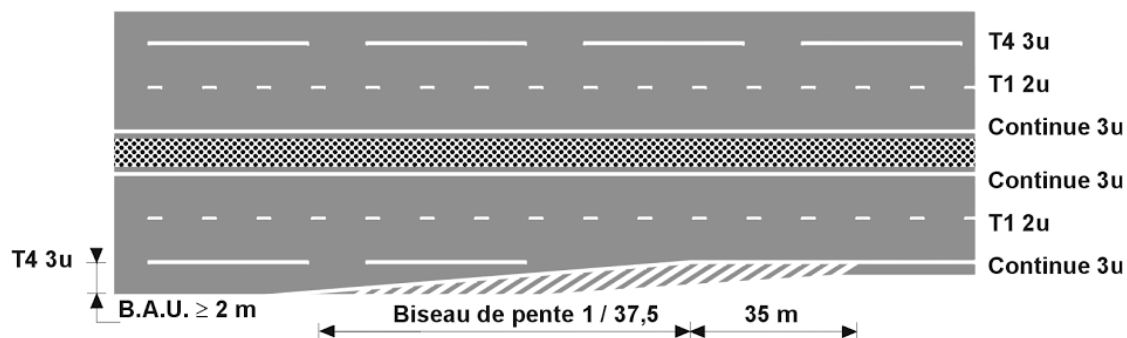


FIGURE.XIII. 5:Schémas de marquage par hachures sur le nez d'îlot.

XIII.5.2 Les signalisations verticales :

- Plaques de signalisation.
- Les signaux de danger type A.

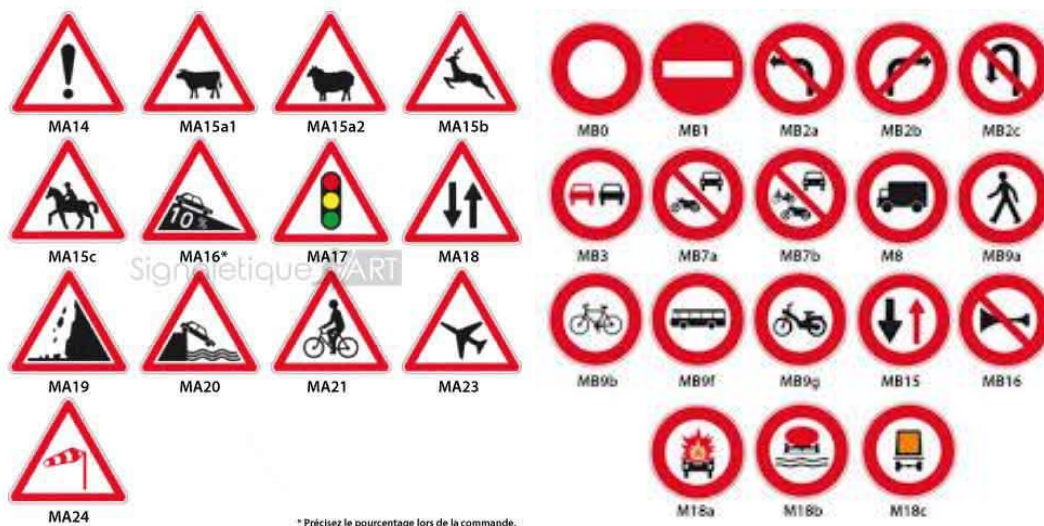


FIGURE.XIII. 6:Les signaux de danger type A

- Les signaux d'identification des routes type E.



FIGURE.XIII. 7: Les signaux d'identification des routes type E.

XIII.5.3 L'éclairage :

Dans un trafic en augmentation constante, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leur but est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et un confort aussi élevés que possible.

XIII.6 Catégorie d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XIII.7 Paramètres d'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires, qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire, généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussée.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.

- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

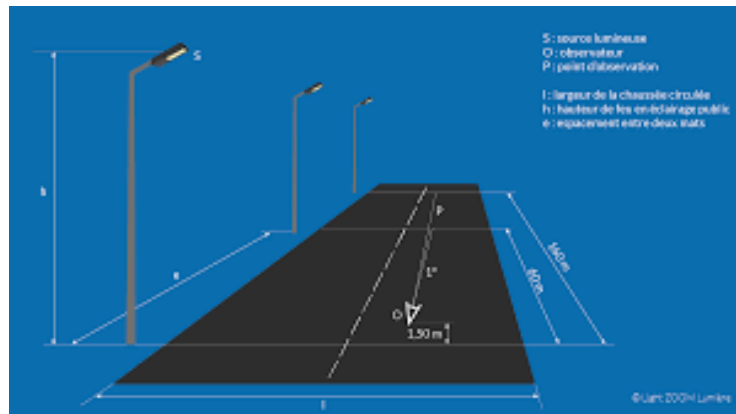


FIGURE.XIII. 8:Paramètres de l'implantation des luminaires.

XIII.8 Éclairage d'un point singulier

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé, doivent être les suivantes :

- Longue distance : 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- Distance moyenne : 300 à 500 m, idée de la configuration du point singulier.
- Faible distance : distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- À la sortie de la zone éclairée : absence de phénomène de cécité passagère.



CHAPITRE XIV :

IMPACT SUR

L'ENVIRONNEMENT.



XIV.1. Impacts du Projet sur l'Environnement :

XIV.1.1. Impacts Positives du Projet

La mise en service de la liaison RN118 entre Timimoun et Hassi Bahamou génère des bénéfices structurels à plusieurs niveaux :

Sur le plan opérationnel et industriel :

- Accès sécurisé et pérenne au complexe gazier de Hassi Bahamou pour les convois de véhicules techniques et industriels lourds, supprimant la dépendance aux pistes non revêtues qui représentent encore 77 % du réseau du Grand Sud.
- Optimisation du transport des équipements spécialisés et des produits énergétiques depuis Timimoun vers le site d'exploitation gazière, réduisant les délais d'acheminement et les risques d'incidents liés à l'état des pistes.
- Amélioration de la fiabilité logistique de l'usine de gaz de Hassi Bahamou, condition directe de la performance et de la sécurité des opérations d'exploitation.

Sur le plan économique et territorial :

- Fluidification des échanges commerciaux entre Timimoun et les zones d'exploitation de la Wilaya, en réduisant les coûts et les temps de transport liés à l'activité gazière.
- Renforcement de l'intégration du complexe de Hassi Bahamou au réseau routier national (RN118), participant à la dynamique de développement économique des wilayas du Grand Sud algérien.
- Contribution au développement économique régional de la Wilaya de Timimoun, en favorisant l'émergence de nouvelles activités économiques liées à l'exploitation des ressources énergétiques du sous-sol saharien.

XIV.1.2. Impacts Négatifs Identifiés :

La construction d'un tronçon routier en milieu saharien fragilise des écosystèmes peu résilients aux interventions humaines. Ces impacts ont été identifiés et analysés pour chaque composante du milieu :

Impacts sur le milieu physique et paysager :

- Altération irréversible et partielle du paysage désertique naturel traversé entre Timimoun et Hassi Bahamou, sur une longueur de 13 km.
- Déstabilisation des formations géomorphologiques sensibles propres à la région : dunes mobiles (ergs), sebkhas salées, hamadas et regs.
- Dégradation accélérée de la chaussée sous l'effet conjugué du climat saharien de Timimoun : amplitudes thermiques extrêmes, ensablement éolien, crues soudaines des oueds et absence de précipitations régulières.

Impacts sur le milieu biologique :

- Déplacement ou fuite de la faune saharienne locale sous l'effet des nuisances sonores et des vibrations générées par les engins de chantier.
- Perturbation des équilibres écologiques fragiles aux abords des oasis et des lits d'oueds traversés par le tracé RN118.

Impacts sur la sécurité publique :

- Risques accidentels spécifiques liés à la vocation industrielle de l'axe : transport de matières dangereuses (gaz, hydrocarbures) sur un tronçon à forte sollicitation logistique, en milieu isolé éloigné des secours.
- Émissions de poussières et particules fines durant les travaux, affectant la qualité de l'air dans les zones riveraines de Timimoun.

XIV.2. Plan de Mesures d'Atténuation et de Bonification :

La prise en compte des impacts identifiés appelle la mise en place d'un plan structuré de mesures visant à réduire les effets négatifs à leur expression minimale et à amplifier les retombées positives du projet sur les communautés et les milieux naturels traversés.

XIV.2.1. Mesures de Réduction des Impacts Négatifs :

Dispositions Contractuelles dans les Cahiers des Charges :

Toutes les entreprises intervenant sur le tronçon RN118 — Hassi Bahamou seront soumises à des clauses environnementales spécifiques, incluant :

- Arrosage systématique des zones de chantier pour limiter les émissions de poussières dans l'atmosphère hyperaride de Timimoun.
- Remise en état obligatoire des sites d'emprunt exploités avec revalorisation paysagère des zones perturbées.
- Collecte et élimination encadrée de tous les déchets solides et liquides produits en phase chantier (huiles, hydrocarbures, déchets inertes).
- Mise en place d'un dispositif de balisage et de signalisation adapté aux conditions de visibilité du milieu désertique.
- Sanctions réglementaires pour toute atteinte à l'intégrité des domaines protégés et zones sensibles identifiées le long du tracé.

Ouvrages de Lutte contre l'Érosion Éolienne et Hydrique :

En raison de la sensibilité des sols sahariens traversés, des ouvrages de stabilisation seront réalisés :

- Gabions : structures grillagées remplies de pierres pour la protection des berges d'oueds exposées aux crues soudaines.
- Perrés maçonnés ou à sec : revêtements de pente pour consolider les talus contre l'érosion éolienne et hydrique.
- Diguettes en moellons : aménagements transversaux pour ralentir les écoulements et limiter la déflation éolienne sur les zones dégradées.

Compensation Écologique et Paysagère :

Pour compenser les pertes végétales causées par l'ouverture de l'emprise en milieu désertique :

- Plantations d'espèces locales adaptées au climat hyperaride de Timimoun (acacias sahariens, tamaris, palmiers-doum) en alignement à la traversée des agglomérations.
- Implantation de bosquets de compensation aux abords des carrières et zones d'emprunt exploitées.

- Reconversion des excavations résiduelles des carrières en mares pastorales : points d'abreuvement pour les troupeaux nomades et surfaces propices aux cultures de contre-saison et au maraîchage.

XIV.2.2. Mesures de Renforcement des Impacts Positifs :

Valorisation de l'Emploi Local :

La priorité sera accordée au recrutement de la main-d'œuvre locale issue de Timimoun et des communes riveraines du tronçon RN118, contribuant à réduire le chômage dans cette wilaya du Grand Sud tout en diffusant des compétences en construction routière saharienne.

Renforcement des Infrastructures Communautaires :

Des aménagements de sécurisation seront réalisés autour des établissements scolaires et des centres de santé situés à proximité du tracé : clôtures temporaires en phase chantier et clôtures permanentes après réception, protégeant les populations des nuisances liées aux convois industriels à destination de Hassi Bahamou.

Programme d'Entretien Routier Durable Adapté au Sahara :

Un programme d'entretien courant et préventif sera mis en œuvre dès la réception du tronçon, intégrant des interventions régulières contre l'ensablement, la fissuration thermique et les dégradations liées aux crues. Ce volet est la condition sine qua non pour pérenniser l'ensemble des bénéfices logistiques et économiques de la liaison RN118 — Complexe gazier de Hassi Bahamou.



CHAPITRE XV :

DEVIS ESTIMATIF.



Devis Estimatif :

N°	Désignation des Travaux	U	Quantité	Prix Unitaire	Montant
I	A- Terrassment				-
1	Travaux de décapage de la terre végétale y/c enlèvement des ronces et roseaux, débroussaillage,élargissement de la plate forme avec arrosage, compactage et finition évacuation des déblais au décharge publics et toutes sujestions de mise en œuvre	M3	60 000	250,00	15 000 000,00
2	Travaux de terrassement des deblais de terrain de toute nature e y/c ,élargissement de la plate forme avec arrosage, compactage et finition évacuation des déblais au décharge publics et toutes sujestions de mise en œuvre	M3	6 487	600,00	3 892 200,00
3	remblai procment	M3	20 774	1 200,00	24 928 800,00
II	B- CORPS DE CHAUSSEE				-
1	Exécution de la couche de fondation en TUF de carrière sélectionné sur une épaisseur de 25 cm y/c réglage, arrosage compactage ,essai de compacité finition et toutes sujestions de mise en œuvre	M3	32 500	1 500,00	48 750 000,00
2	Exécution de la couche de base en grave concassé 0/31,5 sur une épaisseur de19 cm y/c réglage, arrosage compactage ,essai de compacité finition et toutes sujestions de mise en œuvre	M3	18 200	2 200,00	40 040 000,00
3	Couche d'imprégnation en Cut Back 0/1	M2	91 000	250,00	22 750 000,00
4	Exécution d'un revêtement en Béton Bitumineux sur 07 cm d'épaisseur y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	T	14 650	9 000,00	131 850 000,00

CHAPITRE XV : DEVIS ESTIMATIF.

5	Rechargement des accotements en grave concassé sur 6cm d'épaisseur, y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre.	M3	7 800	1 200,00	9 360 000,00
II	SIGNALISATION				-
I					
1	Fourniture et mise en œuvre de la ligne continue axiale de largeur de 18 cm, et compris pré-marquage, nettoyage et soufflage adéquat du support	ML	26 000	150,00	3 900 000,00
2	Fourniture et mise en œuvre des lignes de rives de chaussée de largeur de 18 cm (type T2 3u), prémarquage, nettoyage et soufflage à quat du support	ML	13 000	150,00	1 950 000,00
3	Fourniture et pose des panneaux de signalisation verticale	U	30	20 000,00	600 000,00
		Total en HT			303 021 000,00
		TVA 19 %			57 573 990,00
		Toatl en TTC			360 594 990,00

Conclusion générale :

En définitive, le dédoublement de ces 13 km de la RN118 entre Timimoun et Hassi Bahamou est bien plus qu'un simple chantier routier : c'est un véritable défi technique et humain au cœur d'un environnement saharien extrême. Pour résister à la chaleur, au sable et aux crues soudaines, ce projet concilie une **rigueur technique indispensable**, pour adapter le sol aux camions lourds de l'industrie gazière et évacuer l'eau, avec une **responsabilité écologique et sociale** forte, qui protège la nature fragile et favorise l'emploi local. En reliant la ville de Timimoun à son avenir énergétique, cette route réussit le pari de moderniser le Grand Sud algérien tout en respectant durablement son territoire et ses habitants.

Bibliographie :

B40 : Norme technique d'aménagement des routes “ octobre (1977)

ARP : Aménagement des routes principales

CTTP (2001) : catalogue de dimensionnement des chaussées

Les cours de routes : université de Mostaganem

Signalisation routière Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974 (SETRA)

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

DTP ILLIZI : Direction des Travaux Publics De La Wilaya De Timimoun

Devis estimatif et quantitatif : GCB societe nationale de génie civil

Outils informatiques :

Logiciel Covadis 17.0

AutoCAD 2019

Microsoft Word 2016

Microsoft Excel 2016

PowerPoint 2016

Google Earth

Autres:

Les Outils de l'intelligence artificiel

Wikipédia

Annexes :

VOLUME DE TERRASSEMENT du PK 0+000 au PK 13+000

Num.	Abscisse	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
		Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	3,54	0	35,4	0	35,4	0
P02	20.000	0,03	1,52	0,7	30,4	36,1	30,4
P03	40.000	0,03	0,61	0,5	12,1	36,6	42,5
P04	60.000	0	0,95	0	19	36,6	61,5
P05	80.000	0	0,74	0	14,9	36,6	76,4
P06	100.000	0,25	0,34	5	6,7	41,6	83,1
P07	120.000	1,42	0,06	28,4	1,2	70	84,3
P08	140.000	0,35	0,54	7	10,8	77	95,1
P09	160.000	0,04	0,69	0,7	13,9	77,7	109
P10	180.000	0,51	0,22	10,2	4,4	87,9	113,4
P11	200.000	1,02	0,33	20,4	6,6	108,3	120
P12	220.000	3,05	0	61	0	169,3	120
P13	240.000	2,37	0,03	47,5	0,6	216,8	120,6
P14	260.000	0,18	1,27	3,5	25,3	220,3	145,9
P15	280.000	0,03	1,44	0,6	28,7	220,9	174,6
P16	300.000	0	3,12	0	62,4	220,9	237
P17	320.000	0	0,72	0,1	14,4	221	251,4
P18	340.000	0,43	0,23	8,6	4,7	229,6	256,1
P19	360.000	0,46	0,36	9,3	7,2	238,9	263,3
P20	380.000	0,27	0,2	5,4	3,9	244,3	267,2
P21	400.000	0,01	0,87	0,1	17,4	244,4	284,6
P22	420.000	0,11	0,78	2,2	15,6	246,6	300,2
P23	440.000	1,38	0,04	27,6	0,7	274,2	300,9
P24	460.000	0	0,99	0	19,8	274,2	320,7
P25	480.000	0	1,48	0	29,6	274,2	350,3
P26	500.000	2,03	0,27	40,5	5,4	314,7	355,7
P27	520.000	0,97	0,07	19,4	1,5	334,1	357,2
P28	540.000	4,3	0	85,9	0	420	357,2
P29	560.000	0,87	0,19	17,5	3,7	437,5	360,9
P30	580.000	0,16	0,76	3,2	15,2	440,7	376,1
P31	600.000	0	4,3	0	86,1	440,7	462,2
P32	620.000	0	10,47	0	209,5	440,7	671,7
P33	640.000	0	13,11	0	262,1	440,7	933,8
P34	660.000	0,07	6,62	1,3	132,3	442	1066,1
P35	680.000	0,74	2,76	14,9	55,3	456,9	1121,4
P36	700.000	1,18	0,01	23,6	0,3	480,5	1121,7
P37	720.000	0,57	0,18	11,3	3,7	491,8	1125,4

P38	740.000	0	2	0	39,9	491,8	1165,3
P39	760.000	0,03	0,69	0,6	13,7	492,4	1179
P40	780.000	0	3,67	0	73,3	492,4	1252,3
P41	800.000	0,26	0,28	5,2	5,5	497,6	1257,8
P42	820.000	0,32	0,38	6,3	7,7	503,9	1265,5
P43	840.000	0,29	0,19	5,9	3,8	509,8	1269,3
P44	860.000	0,3	0,24	6	4,7	515,8	1274
P45	880.000	0	1,08	0	21,6	515,8	1295,6
P46	900.000	0,59	0,1	11,9	2,1	527,7	1297,7
P47	920.000	0,74	0,79	14,8	15,8	542,5	1313,5
P48	940.000	0,32	0,41	6,5	8,2	549	1321,7
P49	960.000	0,26	0,3	5,2	6,1	554,2	1327,8
P50	980.000	0,45	0,16	9	3,3	563,2	1331,1
P51	1000.000	1,42	0,24	28,4	4,9	591,6	1336
P52	1020.000	1,27	0,46	25,4	9,2	617	1345,2
P53	1040.000	1,07	0,24	21,4	4,8	638,4	1350
P54	1060.000	1,2	0,23	24	4,7	662,4	1354,7
P55	1080.000	0,3	0,44	6	8,8	668,4	1363,5
P56	1100.000	0,45	0,13	9	2,6	677,4	1366,1
P57	1120.000	0,07	0,45	1,4	9	678,8	1375,1
P58	1140.000	0,24	0,29	4,8	5,8	683,6	1380,9
P59	1160.000	0,3	0,47	6,1	9,3	689,7	1390,2
P60	1180.000	0,12	0,72	2,4	14,5	692,1	1404,7
P61	1200.000	1,47	0,12	29,3	2,3	721,4	1407
P62	1220.000	0,13	0,87	2,7	17,4	724,1	1424,4
P63	1240.000	0,25	0,33	5,1	6,5	729,2	1430,9
P64	1260.000	0,27	0,21	5,5	4,3	734,7	1435,2
P65	1280.000	0,21	0,23	4,2	4,6	738,9	1439,8
P66	1300.000	0,11	0,67	2,2	13,5	741,1	1453,3
P67	1320.000	0,15	0,58	3	11,5	744,1	1464,8
P68	1340.000	0,39	0,18	7,8	3,6	751,9	1468,4
P69	1360.000	0,13	0,58	2,6	11,6	754,5	1480
P70	1380.000	0,1	0,89	2,1	17,8	756,6	1497,8
P71	1400.000	0,15	0,84	3	16,8	759,6	1514,6
P72	1420.000	0,36	0,66	7,1	13,2	766,7	1527,8
P73	1440.000	0,05	0,61	1	12,1	767,7	1539,9
P74	1460.000	0,64	0,13	12,8	2,6	780,5	1542,5
P75	1480.000	0,45	0,82	9,1	16,4	789,6	1558,9
P76	1500.000	0,31	0,55	6,3	11,1	795,9	1570
P77	1520.000	0,32	1,28	6,4	25,5	802,3	1595,5
P78	1540.000	0,23	1,83	4,7	36,6	807	1632,1
P79	1560.000	0,4	1,29	8,1	25,8	815,1	1657,9
P80	1580.000	0,18	1,31	3,6	26,3	818,7	1684,2

P81	1600.000	0,45	0,75	8,9	15	827,6	1699,2
P82	1620.000	2,11	0,27	42,1	5,5	869,7	1704,7
P83	1640.000	2,59	0,67	51,7	13,4	921,4	1718,1
P84	1660.000	0,17	0,35	3,4	7	924,8	1725,1
P85	1680.000	1,34	0,06	26,8	1,2	951,6	1726,3
P86	1700.000	0,18	0,33	3,6	6,5	955,2	1732,8
P87	1720.000	0,09	0,85	1,9	17	957,1	1749,8
P88	1740.000	0,01	0,59	0,1	11,9	957,2	1761,7
P89	1760.000	0,47	0,34	9,5	6,8	966,7	1768,5
P90	1780.000	3,33	0,01	66,5	0,1	1033,2	1768,6
P91	1800.000	0,16	1,87	3,1	37,3	1036,3	1805,9
P92	1820.000	0	2,86	0	57,1	1036,3	1863
P93	1840.000	0	2,27	0	45,4	1036,3	1908,4
P94	1860.000	0,06	1,29	1,2	25,8	1037,5	1934,2
P95	1880.000	0,31	0,59	6,3	11,7	1043,8	1945,9
P96	1900.000	0,23	0,25	4,7	5	1048,5	1950,9
P97	1920.000	0	1,69	0	33,8	1048,5	1984,7
P98	1940.000	0	1,01	0	20,3	1048,5	2005
P99	1960.000	0,18	0,53	3,6	10,5	1052,1	2015,5
P100	1980.000	0,03	0,79	0,7	15,9	1052,8	2031,4
P101	2000.000	0,14	0,43	2,9	8,6	1055,7	2040
P102	2020.000	0,21	0,39	4,1	7,9	1059,8	2047,9
P103	2040.000	0,27	0,93	5,5	18,7	1065,3	2066,6
P104	2060.000	0,02	1,54	0,3	30,8	1065,6	2097,4
P105	2080.000	0,45	0,73	8,9	14,6	1074,5	2112
P106	2100.000	0	1,47	0,1	29,5	1074,6	2141,5
P107	2120.000	0,29	0,16	5,8	3,1	1080,4	2144,6
P108	2140.000	0,22	0,29	4,3	5,8	1084,7	2150,4
P109	2160.000	1,57	0,05	31,3	1	1116	2151,4
P110	2180.000	0,04	0,69	0,8	13,8	1116,8	2165,2
P111	2200.000	0	1,36	0	27,2	1116,8	2192,4
P112	2220.000	0,27	0,67	5,5	13,5	1122,3	2205,9
P113	2240.000	0,62	0,4	12,4	8,1	1134,7	2214
P114	2260.000	0,3	1,29	6,1	25,8	1140,8	2239,8
P115	2280.000	0,14	0,42	2,8	8,4	1143,6	2248,2
P116	2300.000	0,01	1,26	0,1	25,1	1143,7	2273,3
P117	2320.000	0,04	0,97	0,9	19,4	1144,6	2292,7
P118	2340.000	0,03	0,72	0,7	14,5	1145,3	2307,2
P119	2360.000	0,07	0,54	1,4	10,8	1146,7	2318
P120	2380.000	0,06	0,39	1,2	7,8	1147,9	2325,8
P121	2400.000	0,72	0,12	14,3	2,5	1162,2	2328,3
P122	2420.000	0,04	0,63	0,8	12,6	1163	2340,9
P123	2440.000	0,22	0,49	4,4	9,8	1167,4	2350,7

P124	2460.000	0,08	0,43	1,6	8,6	1169	2359,3
P125	2480.000	0,14	0,74	2,7	14,9	1171,7	2374,2
P126	2500.000	0,04	1,17	0,9	23,4	1172,6	2397,6
P127	2520.000	0,99	0,2	19,9	4	1192,5	2401,6
P128	2540.000	0,06	0,76	1,2	15,3	1193,7	2416,9
P129	2560.000	0,18	0,38	3,6	7,7	1197,3	2424,6
P130	2580.000	0	1,05	0,1	21,1	1197,4	2445,7
P131	2600.000	0	1,22	0	24,5	1197,4	2470,2
P132	2620.000	0,21	1,69	4,2	33,8	1201,6	2504
P133	2640.000	1,81	0,65	36,2	13,1	1237,8	2517,1
P134	2660.000	0,49	0,56	9,9	11,3	1247,7	2528,4
P135	2680.000	0,15	0,68	3,1	13,6	1250,8	2542
P136	2700.000	0,47	0,38	9,4	7,6	1260,2	2549,6
P137	2720.000	1,35	0,22	27	4,4	1287,2	2554
P138	2740.000	0,85	0,57	17,1	11,4	1304,3	2565,4
P139	2760.000	0,21	0,33	4,3	6,6	1308,6	2572
P140	2780.000	0	2,76	0	55,2	1308,6	2627,2
P141	2800.000	0	2,78	0	55,6	1308,6	2682,8
P142	2820.000	0	3,12	0	62,3	1308,6	2745,1
P143	2840.000	0,21	0,66	4,2	13,3	1312,8	2758,4
P144	2860.000	0,31	0,41	6,2	8,2	1319	2766,6
P145	2880.000	0,78	0,06	15,5	1,2	1334,5	2767,8
P146	2900.000	0,1	0,47	2	9,5	1336,5	2777,3
P147	2920.000	0,13	1,48	2,5	29,6	1339	2806,9
P148	2940.000	1,9	0,01	38,1	0,2	1377,1	2807,1
P149	2960.000	0,59	0,04	11,9	0,8	1389	2807,9
P150	2980.000	0,69	0,21	13,8	4,2	1402,8	2812,1
P151	3000.000	0,81	0,12	16,2	2,4	1419	2814,5
P152	3020.000	1,15	0	23	0	1442	2814,5
P153	3040.000	0,57	0,47	11,4	9,4	1453,4	2823,9
P154	3060.000	1,1	0,29	22	5,8	1475,4	2829,7
P155	3080.000	0	0,82	0	16,4	1475,4	2846,1
P156	3100.000	0,36	0,35	7,2	7,1	1482,6	2853,2
P157	3120.000	0,06	1,33	1,2	26,6	1483,8	2879,8
P158	3140.000	0,78	0,85	15,6	17,1	1499,4	2896,9
P159	3160.000	0,16	1,4	3,3	27,9	1502,7	2924,8
P160	3180.000	0	4,32	0	86,4	1502,7	3011,2
P161	3200.000	0,05	2,6	1	52,1	1503,7	3063,3
P162	3220.000	0,2	0,72	4	14,3	1507,7	3077,6
P163	3240.000	0	3,05	0	60,9	1507,7	3138,5
P164	3260.000	0,35	1,64	7	32,8	1514,7	3171,3
P165	3280.000	0,34	2,75	6,9	54,9	1521,6	3226,2
P166	3300.000	0	5,34	0	106,8	1521,6	3333

P167	3320.000	0,02	0,94	0,4	18,9	1522	3351,9
P168	3340.000	0,17	0,55	3,3	11	1525,3	3362,9
P169	3360.000	1,1	0,39	22	7,8	1547,3	3370,7
P170	3380.000	0,19	2,55	3,8	50,9	1551,1	3421,6
P171	3400.000	0,2	3,66	4	73,1	1555,1	3494,7
P172	3420.000	0,4	4,51	7,9	90,2	1563	3584,9
P173	3440.000	0,28	3,53	5,6	70,5	1568,6	3655,4
P174	3460.000	0,33	2,53	6,6	50,5	1575,2	3705,9
P175	3480.000	0	2,66	0	53,2	1575,2	3759,1
P176	3500.000	0,22	0,57	4,5	11,4	1579,7	3770,5
P177	3520.000	0,36	0,26	7,1	5,1	1586,8	3775,6
P178	3540.000	0,3	0,23	6	4,5	1592,8	3780,1
P179	3560.000	0,14	0,29	2,8	5,8	1595,6	3785,9
P180	3580.000	0	0,91	0	18,2	1595,6	3804,1
P181	3600.000	0	1,51	0	30,3	1595,6	3834,4
P182	3620.000	0	1,47	0	29,4	1595,6	3863,8
P183	3640.000	0,31	0,5	6,2	10	1601,8	3873,8
P184	3660.000	0,22	0,89	4,4	17,8	1606,2	3891,6
P185	3680.000	0,12	0,81	2,4	16,1	1608,6	3907,7
P186	3700.000	0,1	0,43	2,1	8,5	1610,7	3916,2
P187	3720.000	1,52	0,05	30,5	1	1641,2	3917,2
P188	3740.000	0,04	1,41	0,7	28,1	1641,9	3945,3
P189	3760.000	0,18	1,12	3,6	22,4	1645,5	3967,7
P190	3780.000	0,17	0,39	3,4	7,8	1648,9	3975,5
P191	3800.000	0,32	0,18	6,4	3,5	1655,3	3979
P192	3820.000	0,36	0,24	7,2	4,7	1662,5	3983,7
P193	3840.000	0,69	0,24	13,8	4,9	1676,3	3988,6
P194	3860.000	0,89	0,38	17,8	7,5	1694,1	3996,1
P195	3880.000	0,56	0,35	11,2	7	1705,3	4003,1
P196	3900.000	0,13	1,66	2,5	33,2	1707,8	4036,3
P197	3920.000	2,87	0,24	57,3	4,8	1765,1	4041,1
P198	3940.000	3,87	0,38	77,3	7,7	1842,4	4048,8
P199	3960.000	7,58	0	151,6	0	1994	4048,8
P200	3980.000	0,71	0,47	14,1	9,4	2008,1	4058,2
P201	4000.000	0	2,83	0,1	56,6	2008,2	4114,8
P202	4020.000	0	1,78	0	35,5	2008,2	4150,3
P203	4040.000	1,11	0,1	22,3	2,1	2030,5	4152,4
P204	4060.000	0,18	0,45	3,5	8,9	2034	4161,3
P205	4080.000	0,06	0,66	1,2	13,1	2035,2	4174,4
P206	4100.000	0,27	0,27	5,4	5,3	2040,6	4179,7
P207	4120.000	0,32	0,23	6,5	4,5	2047,1	4184,2
P208	4140.000	0,06	0,56	1,2	11,3	2048,3	4195,5
P209	4160.000	0,38	0,33	7,6	6,6	2055,9	4202,1

P210	4180.000	0,14	0,61	2,8	12,3	2058,7	4214,4
P211	4200.000	0,01	1,25	0,2	25	2058,9	4239,4
P212	4220.000	0,07	0,84	1,4	16,8	2060,3	4256,2
P213	4240.000	0,07	0,45	1,3	9	2061,6	4265,2
P214	4260.000	0,03	1,1	0,5	22	2062,1	4287,2
P215	4280.000	4,43	1,8	88,5	36,1	2150,6	4323,3
P216	4300.000	3,98	1,23	79,5	24,5	2230,1	4347,8
P217	4320.000	4,25	0,56	84,9	11,2	2315	4359
P218	4340.000	2,36	1,08	47,2	21,6	2362,2	4380,6
P219	4360.000	2,74	0,86	54,7	17,2	2416,9	4397,8
P220	4380.000	1,35	0,22	27	4,4	2443,9	4402,2
P221	4400.000	0,27	1,14	5,5	22,8	2449,4	4425
P222	4420.000	0,41	1,27	8,3	25,4	2457,7	4450,4
P223	4440.000	0,13	0,52	2,6	10,4	2460,3	4460,8
P224	4460.000	0,98	0,03	19,6	0,6	2479,9	4461,4
P225	4480.000	1,8	0,09	36	1,7	2515,9	4463,1
P226	4500.000	6,46	0	129,2	0	2645,1	4463,1
P227	4520.000	1,02	0,35	20,4	7,1	2665,5	4470,2
P228	4540.000	0,37	1,07	7,4	21,5	2672,9	4491,7
P229	4560.000	0,3	1,84	6,1	36,9	2679	4528,6
P230	4580.000	0,73	0,4	14,7	8,1	2693,7	4536,7
P231	4600.000	0,84	0,84	16,7	16,8	2710,4	4553,5
P232	4620.000	0,34	0,31	6,7	6,2	2717,1	4559,7
P233	4640.000	0	1,26	0	25,2	2717,1	4584,9
P234	4660.000	0,43	0,63	8,5	12,6	2725,6	4597,5
P235	4680.000	0,26	1,38	5,1	27,6	2730,7	4625,1
P236	4700.000	0,7	0,37	14,1	7,5	2744,8	4632,6
P237	4720.000	0	1,38	0	27,5	2744,8	4660,1
P238	4740.000	1,85	0,02	37	0,4	2781,8	4660,5
P239	4760.000	0,01	1,28	0,2	25,6	2782	4686,1
P240	4780.000	0,04	1,06	0,8	21,3	2782,8	4707,4
P241	4800.000	0,39	0,46	7,8	9,3	2790,6	4716,7
P242	4820.000	0,41	0,35	8,3	7	2798,9	4723,7
P243	4840.000	0,1	0,86	1,9	17,2	2800,8	4740,9
P244	4860.000	0	3,14	0	62,8	2800,8	4803,7
P245	4880.000	0,33	0,44	6,6	8,8	2807,4	4812,5
P246	4900.000	0,87	0,14	17,5	2,7	2824,9	4815,2
P247	4920.000	2,75	0,02	54,9	0,4	2879,8	4815,6
P248	4940.000	0,13	0,96	2,6	19,2	2882,4	4834,8
P249	4960.000	0,07	0,84	1,5	16,9	2883,9	4851,7
P250	4980.000	0	3,12	0	62,3	2883,9	4914
P251	5000.000	0	1,44	0	28,8	2883,9	4942,8
P252	5020.000	0,25	0,88	5	17,6	2888,9	4960,4

P253	5040.000	1,6	0,64	32,1	12,8	2921	4973,2
P254	5060.000	1,55	0,9	31	17,9	2952	4991,1
P255	5080.000	3,99	0,03	79,8	0,6	3031,8	4991,7
P256	5100.000	1,32	0,26	26,5	5,3	3058,3	4997
P257	5120.000	0,16	0,86	3,2	17,1	3061,5	5014,1
P258	5140.000	0,72	0,05	14,4	1	3075,9	5015,1
P259	5160.000	0	2,89	0	57,8	3075,9	5072,9
P260	5180.000	0,02	2,14	0,3	42,8	3076,2	5115,7
P261	5200.000	0	2,53	0	50,5	3076,2	5166,2
P262	5220.000	0,27	0,32	5,4	6,5	3081,6	5172,7
P263	5240.000	0,53	0,46	10,6	9,3	3092,2	5182
P264	5260.000	0,72	1,19	14,5	23,8	3106,7	5205,8
P265	5280.000	0,03	1,04	0,7	20,8	3107,4	5226,6
P266	5300.000	0	0,85	0	17	3107,4	5243,6
P267	5320.000	0,12	0,5	2,5	10,1	3109,9	5253,7
P268	5340.000	0	1,16	0	23,2	3109,9	5276,9
P269	5360.000	0	1,67	0	33,5	3109,9	5310,4
P270	5380.000	0,21	0,94	4,2	18,7	3114,1	5329,1
P271	5400.000	0,2	1,97	4	39,5	3118,1	5368,6
P272	5420.000	0,23	0,97	4,5	19,4	3122,6	5388
P273	5440.000	0,1	1,06	1,9	21,2	3124,5	5409,2
P274	5460.000	1,77	0,32	35,4	6,3	3159,9	5415,5
P275	5480.000	0,21	0,37	4,2	7,3	3164,1	5422,8
P276	5500.000	0,55	0,4	11,1	7,9	3175,2	5430,7
P277	5520.000	0	2,57	0	51,4	3175,2	5482,1
P278	5540.000	0,33	0,57	6,6	11,4	3181,8	5493,5
P279	5560.000	0,6	0,78	12	15,6	3193,8	5509,1
P280	5580.000	0,75	1,78	14,9	35,5	3208,7	5544,6
P281	5600.000	0,19	3,55	3,7	71,1	3212,4	5615,7
P282	5620.000	0,04	5,47	0,9	109,5	3213,3	5725,2
P283	5640.000	0,03	5,54	0,5	110,8	3213,8	5836
P284	5660.000	0,14	3,07	2,9	61,4	3216,7	5897,4
P285	5680.000	0	2,16	0	43,1	3216,7	5940,5
P286	5700.000	0,48	1,35	9,5	27,1	3226,2	5967,6
P287	5720.000	0,07	2,95	1,4	59	3227,6	6026,6
P288	5740.000	0,3	2,44	6	48,9	3233,6	6075,5
P289	5760.000	0,45	0,56	8,9	11,1	3242,5	6086,6
P290	5780.000	0,2	0,62	4,1	12,5	3246,6	6099,1
P291	5800.000	0	1,76	0	35,3	3246,6	6134,4
P292	5820.000	0,63	0,45	12,6	9	3259,2	6143,4
P293	5840.000	0,27	0,64	5,3	12,9	3264,5	6156,3
P294	5860.000	0,65	0,57	13	11,4	3277,5	6167,7
P295	5880.000	4,09	0,01	82,1	0,2	3359,6	6167,9

P296	5900.000	1,73	0,32	34,5	6,5	3394,1	6174,4
P297	5920.000	1,19	0,13	23,6	2,6	3417,7	6177
P298	5940.000	2,17	0,33	43,1	6,7	3460,8	6183,7
P299	5960.000	1,7	0,34	34	6,8	3494,8	6190,5
P300	5980.000	0,3	0,29	6,1	5,7	3500,9	6196,2
P301	6000.000	0	2,81	0	56,2	3500,9	6252,4
P302	6020.000	0,24	0,5	4,9	10,1	3505,8	6262,5
P303	6040.000	0,14	0,75	2,8	15	3508,6	6277,5
P304	6060.000	0	2,74	0	54,8	3508,6	6332,3
P305	6080.000	0,22	0,9	4,4	18	3513	6350,3
P306	6100.000	0,1	1,85	2	37	3515	6387,3
P307	6120.000	1,34	0,81	26,8	16,2	3541,8	6403,5
P308	6140.000	2,15	1,24	43	24,7	3584,8	6428,2
P309	6160.000	4,34	0,43	86,9	8,5	3671,7	6436,7
P310	6180.000	1,39	0,93	27,9	18,7	3699,6	6455,4
P311	6200.000	1,85	0,91	36,9	18,2	3736,5	6473,6
P312	6220.000	1,82	0,6	36,5	12	3773	6485,6
P313	6240.000	2,1	0,15	42	3,1	3815	6488,7
P314	6260.000	1,02	1,37	20,5	27,4	3835,5	6516,1
P315	6280.000	0,16	2,64	3,1	52,7	3838,6	6568,8
P316	6300.000	1,66	0,68	33,1	13,6	3871,7	6582,4
P317	6320.000	9,05	0,28	180,2	5,6	4051,9	6588
P318	6340.000	1,08	0,69	21,5	13,8	4073,4	6601,8
P319	6360.000	0	1,47	0	29,4	4073,4	6631,2
P320	6380.000	0,03	1,67	0,7	33,5	4074,1	6664,7
P321	6400.000	0,18	0,56	3,6	11,3	4077,7	6676
P322	6420.000	0	1,13	0	22,6	4077,7	6698,6
P323	6440.000	0,27	0,63	5,3	12,6	4083	6711,2
P324	6460.000	0,02	0,89	0,5	17,7	4083,5	6728,9
P325	6480.000	0,03	0,61	0,6	12,2	4084,1	6741,1
P326	6500.000	0	0,99	0	19,8	4084,1	6760,9
P327	6520.000	0,06	0,59	1,2	11,9	4085,3	6772,8
P328	6540.000	1,02	0,24	20,4	4,8	4105,7	6777,6
P329	6560.000	0,58	0,66	11,7	13,2	4117,4	6790,8
P330	6580.000	0,22	0,22	4,4	4,3	4121,8	6795,1
P331	6600.000	0,13	0,38	2,6	7,5	4124,4	6802,6
P332	6620.000	0,19	0,33	3,7	6,7	4128,1	6809,3
P333	6640.000	0,03	0,51	0,7	10,3	4128,8	6819,6
P334	6660.000	0,09	0,72	1,8	14,4	4130,6	6834
P335	6680.000	0	1,34	0	26,9	4130,6	6860,9
P336	6700.000	0,09	0,66	1,8	13,1	4132,4	6874
P337	6720.000	0,09	0,43	1,8	8,6	4134,2	6882,6
P338	6740.000	0,28	0,27	5,6	5,4	4139,8	6888

P339	6760.000	4,76	1,61	95,2	32,2	4235	6920,2
P340	6780.000	4,02	0,84	80,4	16,9	4315,4	6937,1
P341	6800.000	1,02	1,12	20,4	22,4	4335,8	6959,5
P342	6820.000	0	1,27	0	25,4	4335,8	6984,9
P343	6840.000	0	1,39	0,1	27,8	4335,9	7012,7
P344	6860.000	0,22	0,56	4,4	11,2	4340,3	7023,9
P345	6880.000	0,4	0,46	7,9	9,1	4348,2	7033
P346	6900.000	0,17	0,77	3,3	15,4	4351,5	7048,4
P347	6920.000	0,08	0,86	1,6	17,2	4353,1	7065,6
P348	6940.000	0,06	0,63	1,1	12,6	4354,2	7078,2
P349	6960.000	0,07	0,65	1,3	13,1	4355,5	7091,3
P350	6980.000	0,08	0,68	1,6	13,6	4357,1	7104,9
P351	7000.000	0	1,24	0	24,8	4357,1	7129,7
P352	7020.000	0,26	0,36	5,2	7,1	4362,3	7136,8
P353	7040.000	0,23	0,55	4,6	11	4366,9	7147,8
P354	7060.000	0,05	1,41	1,1	28,2	4368	7176
P355	7080.000	0	6,48	0	129,5	4368	7305,5
P356	7100.000	0	3,61	0	72,2	4368	7377,7
P357	7120.000	0,09	0,61	1,8	12,3	4369,8	7390
P358	7140.000	0	1,48	0	29,6	4369,8	7419,6
P359	7160.000	0,2	0,5	4	10,1	4373,8	7429,7
P360	7180.000	0,06	0,7	1,2	14,1	4375	7443,8
P361	7200.000	3,95	0	79	0	4454	7443,8
P362	7220.000	5,04	0	100,7	0	4554,7	7443,8
P363	7240.000	0,4	0,13	8	2,5	4562,7	7446,3
P364	7260.000	0,39	1,71	7,8	34,3	4570,5	7480,6
P365	7280.000	0	2,93	0	58,5	4570,5	7539,1
P366	7300.000	0,8	2,04	16,1	40,8	4586,6	7579,9
P367	7320.000	2,34	0,52	46,8	10,3	4633,4	7590,2
P368	7340.000	3,4	0,36	68	7,2	4701,4	7597,4
P369	7360.000	0,92	0,1	18,4	1,9	4719,8	7599,3
P370	7380.000	0,27	0,7	5,5	13,9	4725,3	7613,2
P371	7400.000	0,13	0,89	2,5	17,8	4727,8	7631
P372	7420.000	0,29	0,36	5,7	7,2	4733,5	7638,2
P373	7440.000	2,66	0	53,2	0	4786,7	7638,2
P374	7460.000	0,91	0,74	18,1	14,8	4804,8	7653
P375	7480.000	0,05	5,16	0,9	103,1	4805,7	7756,1
P376	7500.000	0,45	3,41	9	68,2	4814,7	7824,3
P377	7520.000	0	4,27	0,1	85,4	4814,8	7909,7
P378	7540.000	0,08	2,73	1,6	54,7	4816,4	7964,4
P379	7560.000	0,47	1,46	9,4	29,2	4825,8	7993,6
P380	7580.000	0,28	2,09	5,6	41,8	4831,4	8035,4
P381	7600.000	0,29	2,14	5,7	42,9	4837,1	8078,3

P382	7620.000	0,3	2,01	6	40,3	4843,1	8118,6
P383	7640.000	0,89	1,49	17,8	29,8	4860,9	8148,4
P384	7660.000	0,25	0,41	5,1	8,3	4866	8156,7
P385	7680.000	0,16	0,97	3,2	19,4	4869,2	8176,1
P386	7700.000	0,41	0,64	8,2	12,8	4877,4	8188,9
P387	7720.000	0,35	0,21	6,9	4,1	4884,3	8193
P388	7740.000	0,03	1,11	0,7	22,3	4885	8215,3
P389	7760.000	0,19	0,75	3,8	15	4888,8	8230,3
P390	7780.000	0,35	0,97	7	19,3	4895,8	8249,6
P391	7800.000	0,87	0,56	17,5	11,3	4913,3	8260,9
P392	7820.000	0,04	1,86	0,9	37,2	4914,2	8298,1
P393	7840.000	0	3,02	0	60,5	4914,2	8358,6
P394	7860.000	0,28	1,66	5,7	33,2	4919,9	8391,8
P395	7880.000	0,1	2	1,9	40,1	4921,8	8431,9
P396	7900.000	0,45	1,32	9	26,5	4930,8	8458,4
P397	7920.000	1,8	0,17	36,1	3,4	4966,9	8461,8
P398	7940.000	0,27	0,19	5,3	3,8	4972,2	8465,6
P399	7960.000	0,01	0,86	0,2	17,2	4972,4	8482,8
P400	7980.000	0,01	1,68	0,2	33,6	4972,6	8516,4
P401	8000.000	0,19	1,14	3,9	22,8	4976,5	8539,2
P402	8020.000	0,17	0,52	3,5	10,3	4980	8549,5
P403	8040.000	0	1,53	0	30,6	4980	8580,1
P404	8060.000	0,22	0,3	4,5	6,1	4984,5	8586,2
P405	8080.000	0	0,96	0,1	19,2	4984,6	8605,4
P406	8100.000	0	4,49	0	89,7	4984,6	8695,1
P407	8120.000	2,5	2,27	50	45,3	5034,6	8740,4
P408	8140.000	2,81	1,36	56,2	27,2	5090,8	8767,6
P409	8160.000	1,31	0,27	26,1	5,5	5116,9	8773,1
P410	8180.000	0,02	1,39	0,4	27,9	5117,3	8801
P411	8200.000	2,28	0,91	45,6	18,2	5162,9	8819,2
P412	8220.000	0,19	0,4	3,8	8,1	5166,7	8827,3
P413	8240.000	0,23	0,59	4,6	11,8	5171,3	8839,1
P414	8260.000	0,06	1,02	1,2	20,4	5172,5	8859,5
P415	8280.000	0,15	0,77	3,1	15,5	5175,6	8875
P416	8300.000	0,07	1,36	1,4	27,1	5177	8902,1
P417	8320.000	0	1,64	0,1	32,9	5177,1	8935
P418	8340.000	0,16	0,32	3,2	6,5	5180,3	8941,5
P419	8360.000	0,13	0,31	2,7	6,2	5183	8947,7
P420	8380.000	0,45	0,59	9	11,8	5192	8959,5
P421	8400.000	0	2,76	0	55,2	5192	9014,7
P422	8420.000	0,03	4,31	0,6	86,3	5192,6	9101
P423	8440.000	0,15	0,73	3,1	14,5	5195,7	9115,5
P424	8460.000	1,02	0,05	20,4	1	5216,1	9116,5

P425	8480.000	0,23	0,67	4,7	13,4	5220,8	9129,9
P426	8500.000	0,4	0,67	8,1	13,4	5228,9	9143,3
P427	8520.000	0,14	0,67	2,7	13,4	5231,6	9156,7
P428	8540.000	1,02	0,36	20,3	7,3	5251,9	9164
P429	8560.000	1,1	0,56	22	11,2	5273,9	9175,2
P430	8580.000	0,35	0,7	7	13,9	5280,9	9189,1
P431	8600.000	0,22	0,37	4,3	7,4	5285,2	9196,5
P432	8620.000	1,39	0,05	27,8	1	5313	9197,5
P433	8640.000	0,16	1,91	3,3	38,2	5316,3	9235,7
P434	8660.000	0,11	1,41	2,2	28,2	5318,5	9263,9
P435	8680.000	0,17	0,75	3,5	15	5322	9278,9
P436	8700.000	0,02	1,18	0,5	23,6	5322,5	9302,5
P437	8720.000	0,35	0,59	6,9	11,8	5329,4	9314,3
P438	8740.000	0,06	0,83	1,1	16,5	5330,5	9330,8
P439	8760.000	0,07	0,48	1,4	9,7	5331,9	9340,5
P440	8780.000	1,72	0,17	34,3	3,4	5366,2	9343,9
P441	8800.000	2,39	0,56	47,7	11,3	5413,9	9355,2
P442	8820.000	3,85	0,96	77	19,1	5490,9	9374,3
P443	8840.000	0,02	3,37	0,4	67,4	5491,3	9441,7
P444	8860.000	0	1,37	0	27,3	5491,3	9469
P445	8880.000	0,3	0,87	6,1	17,3	5497,4	9486,3
P446	8900.000	0,08	0,65	1,6	13	5499	9499,3
P447	8920.000	0	1,21	0	24,2	5499	9523,5
P448	8940.000	0,05	0,53	1	10,6	5500	9534,1
P449	8960.000	0,41	0,2	8,2	4,1	5508,2	9538,2
P450	8980.000	0,92	0,46	18,3	9,2	5526,5	9547,4
P451	9000.000	0,19	2,21	3,9	44,2	5530,4	9591,6
P452	9020.000	0,95	0,69	19	13,7	5549,4	9605,3
P453	9040.000	0,46	0,53	9,1	10,6	5558,5	9615,9
P454	9060.000	0	3,69	0	73,8	5558,5	9689,7
P455	9080.000	0	1,99	0	39,8	5558,5	9729,5
P456	9100.000	0,06	0,54	1,2	10,9	5559,7	9740,4
P457	9120.000	0,59	0,71	11,8	14,2	5571,5	9754,6
P458	9140.000	0,54	0,51	10,9	10,3	5582,4	9764,9
P459	9160.000	1,61	0,02	32,2	0,4	5614,6	9765,3
P460	9180.000	0,78	0,14	15,6	2,8	5630,2	9768,1
P461	9200.000	0	1,05	0	20,9	5630,2	9789
P462	9220.000	0	1,91	0	38,2	5630,2	9827,2
P463	9240.000	0,82	0,28	16,5	5,5	5646,7	9832,7
P464	9260.000	0,18	1,31	3,6	26,3	5650,3	9859
P465	9280.000	0	2,15	0	43,1	5650,3	9902,1
P466	9300.000	0,28	0,17	5,6	3,4	5655,9	9905,5
P467	9320.000	0,7	0,12	14,1	2,4	5670	9907,9

P468	9340.000	0,14	0,3	2,9	5,9	5672,9	9913,8
P469	9360.000	0	1,77	0	35,3	5672,9	9949,1
P470	9380.000	0,34	0,15	6,8	3,1	5679,7	9952,2
P471	9400.000	0,2	0,83	4,1	16,6	5683,8	9968,8
P472	9420.000	0,2	1,41	4	28,2	5687,8	9997
P473	9440.000	0,39	0,61	7,7	12,2	5695,5	10009,2
P474	9460.000	0,02	0,81	0,5	16,1	5696	10025,3
P475	9480.000	0,66	0,36	13,2	7,3	5709,2	10032,6
P476	9500.000	0,05	0,72	1	14,3	5710,2	10046,9
P477	9520.000	0,79	0,68	15,9	13,5	5726,1	10060,4
P478	9540.000	0,77	2,33	15,3	46,7	5741,4	10107,1
P479	9560.000	1,02	1,07	20,3	21,3	5761,7	10128,4
P480	9580.000	0,43	0,36	8,6	7,1	5770,3	10135,5
P481	9600.000	1,61	0,2	32,2	4,1	5802,5	10139,6
P482	9620.000	0,25	1,29	4,9	25,7	5807,4	10165,3
P483	9640.000	0	3,9	0	78	5807,4	10243,3
P484	9660.000	0	4,76	0	95,2	5807,4	10338,5
P485	9680.000	0	3,13	0	62,7	5807,4	10401,2
P486	9700.000	0	2,01	0	40,2	5807,4	10441,4
P487	9720.000	0	5,35	0	107	5807,4	10548,4
P488	9740.000	0	3,62	0	72,4	5807,4	10620,8
P489	9760.000	0,95	1,7	19,1	33,9	5826,5	10654,7
P490	9780.000	0	2,04	0	40,8	5826,5	10695,5
P491	9800.000	0	4,88	0	97,5	5826,5	10793
P492	9820.000	0	6,07	0	121,4	5826,5	10914,4
P493	9840.000	0	2,82	0	56,5	5826,5	10970,9
P494	9860.000	0	4,52	0	90,4	5826,5	11061,3
P495	9880.000	0	5,36	0	107,1	5826,5	11168,4
P496	9900.000	0	5,14	0	102,7	5826,5	11271,1
P497	9920.000	0	2,99	0	59,8	5826,5	11330,9
P498	9940.000	0,07	1,6	1,4	32	5827,9	11362,9
P499	9960.000	0	1,13	0	22,6	5827,9	11385,5
P500	9980.000	0	2,63	0	52,6	5827,9	11438,1
P501	10000.000	0	4,65	0	93,1	5827,9	11531,2
P502	10020.000	0	7,42	0	148,4	5827,9	11679,6
P503	10040.000	0	9,94	0	198,7	5827,9	11878,3
P504	10060.000	0	9,96	0	199,2	5827,9	12077,5
P505	10080.000	0	5,28	0	105,6	5827,9	12183,1
P506	10100.000	0	2,11	0	42,3	5827,9	12225,4
P507	10120.000	0,11	0,7	2,3	14,1	5830,2	12239,5
P508	10140.000	0	1,46	0	29,2	5830,2	12268,7
P509	10160.000	0	1,18	0	23,7	5830,2	12292,4
P510	10180.000	0	1,48	0	29,6	5830,2	12322

P511	10200.000	0	2,85	0	57,1	5830,2	12379,1
P512	10220.000	0	1,5	0	29,9	5830,2	12409
P513	10240.000	0,28	0,73	5,7	14,6	5835,9	12423,6
P514	10260.000	0,03	1,04	0,6	20,8	5836,5	12444,4
P515	10280.000	0,6	0,5	12,1	10,1	5848,6	12454,5
P516	10300.000	1,4	0,34	28	6,9	5876,6	12461,4
P517	10320.000	0,91	0,12	18,2	2,4	5894,8	12463,8
P518	10340.000	0	1,2	0	24	5894,8	12487,8
P519	10360.000	0,01	1,8	0,2	36	5895	12523,8
P520	10380.000	0,91	0,15	18,2	3	5913,2	12526,8
P521	10400.000	0,53	0,37	10,5	7,3	5923,7	12534,1
P522	10420.000	0,37	0,24	7,3	4,8	5931	12538,9
P523	10440.000	1,01	0,64	20,3	12,8	5951,3	12551,7
P524	10460.000	0,6	0,72	12	14,4	5963,3	12566,1
P525	10480.000	0,15	1,04	3	20,9	5966,3	12587
P526	10500.000	0,04	2,46	0,7	49,1	5967	12636,1
P527	10520.000	0,07	1,95	1,4	39	5968,4	12675,1
P528	10540.000	0,14	1,94	2,8	38,8	5971,2	12713,9
P529	10560.000	0,3	1,84	5,9	36,9	5977,1	12750,8
P530	10580.000	0	3,84	0	76,8	5977,1	12827,6
P531	10600.000	0	3,16	0	63,3	5977,1	12890,9
P532	10620.000	0,21	2,19	4,3	43,7	5981,4	12934,6
P533	10640.000	0,42	1,33	8,4	26,6	5989,8	12961,2
P534	10660.000	0,11	1,3	2,3	26	5992,1	12987,2
P535	10680.000	0,01	1,98	0,2	39,7	5992,3	13026,9
P536	10700.000	0,03	1,73	0,7	34,7	5993	13061,6
P537	10720.000	0,01	1,78	0,2	35,6	5993,2	13097,2
P538	10740.000	0	2,24	0	45	5993,2	13142,2
P539	10760.000	0,02	1,64	0,5	32,8	5993,7	13175
P540	10780.000	0,2	1,52	4,1	30,5	5997,8	13205,5
P541	10800.000	0,55	0,18	11	3,7	6008,8	13209,2
P542	10820.000	0	1,59	0,1	31,7	6008,9	13240,9
P543	10840.000	0,17	0,72	3,4	14,3	6012,3	13255,2
P544	10860.000	0	2,04	0	40,9	6012,3	13296,1
P545	10880.000	0	2,47	0	49,3	6012,3	13345,4
P546	10900.000	0	2,84	0	56,8	6012,3	13402,2
P547	10920.000	0,63	1,09	12,5	21,8	6024,8	13424
P548	10940.000	0,05	1,46	1	29,1	6025,8	13453,1
P549	10960.000	0,02	1,58	0,3	31,6	6026,1	13484,7
P550	10980.000	0,3	1,12	6	22,4	6032,1	13507,1
P551	11000.000	0,1	1,33	2	26,6	6034,1	13533,7
P552	11020.000	0,02	1,19	0,4	23,8	6034,5	13557,5
P553	11040.000	0,41	1,13	8,1	22,7	6042,6	13580,2

P554	11060.000	0	2,24	0	44,7	6042,6	13624,9
P555	11080.000	0,04	0,83	0,7	16,7	6043,3	13641,6
P556	11100.000	0,18	0,96	3,6	19,3	6046,9	13660,9
P557	11120.000	0,07	1,13	1,3	22,5	6048,2	13683,4
P558	11140.000	0,16	1,1	3,2	22	6051,4	13705,4
P559	11160.000	0,01	1,63	0,1	32,7	6051,5	13738,1
P560	11180.000	0,19	0,78	3,9	15,7	6055,4	13753,8
P561	11200.000	0,23	1,05	4,5	21	6059,9	13774,8
P562	11220.000	0	1,93	0	38,7	6059,9	13813,5
P563	11240.000	0,22	0,9	4,4	18	6064,3	13831,5
P564	11260.000	0,52	0,53	10,4	10,6	6074,7	13842,1
P565	11280.000	0,34	0,78	6,7	15,7	6081,4	13857,8
P566	11300.000	0	2,6	0	52	6081,4	13909,8
P567	11320.000	0	3,04	0	60,7	6081,4	13970,5
P568	11340.000	0	3,36	0	67,3	6081,4	14037,8
P569	11360.000	0	3,48	0	69,5	6081,4	14107,3
P570	11380.000	0	2,71	0	54,2	6081,4	14161,5
P571	11400.000	0,18	0,99	3,7	19,8	6085,1	14181,3
P572	11420.000	0,11	1,15	2,2	23	6087,3	14204,3
P573	11440.000	0,01	2,26	0,2	45,2	6087,5	14249,5
P574	11460.000	0	2,1	0	42	6087,5	14291,5
P575	11480.000	0,05	1,26	1	25,2	6088,5	14316,7
P576	11500.000	0,33	1,26	6,6	25,2	6095,1	14341,9
P577	11520.000	0,18	2,09	3,7	41,7	6098,8	14383,6
P578	11540.000	0	2,68	0	53,6	6098,8	14437,2
P579	11560.000	0	2,05	0	40,9	6098,8	14478,1
P580	11580.000	0,54	0,48	10,9	9,7	6109,7	14487,8
P581	11600.000	0,04	1,37	0,8	27,5	6110,5	14515,3
P582	11620.000	0,01	1,8	0,1	36,1	6110,6	14551,4
P583	11640.000	0,26	1,21	5,2	24,2	6115,8	14575,6
P584	11660.000	0,06	1,5	1,2	30	6117	14605,6
P585	11680.000	0,07	1,5	1,4	30	6118,4	14635,6
P586	11700.000	0,15	1,72	2,9	34,3	6121,3	14669,9
P587	11720.000	0,05	1,38	0,9	27,7	6122,2	14697,6
P588	11740.000	0,03	1,13	0,6	22,5	6122,8	14720,1
P589	11760.000	0,16	0,46	3,2	9,2	6126	14729,3
P590	11780.000	1,14	0,65	22,8	13,1	6148,8	14742,4
P591	11800.000	0,24	1,22	4,8	24,4	6153,6	14766,8
P592	11820.000	0	12,75	0	254,9	6153,6	15021,7
P593	11840.000	0	4,95	0	98,9	6153,6	15120,6
P594	11860.000	0,41	1,2	8,1	24,1	6161,7	15144,7
P595	11880.000	3,61	0,12	72,2	2,3	6233,9	15147
P596	11900.000	0,26	0,46	5,2	9,1	6239,1	15156,1

P597	11920.000	0,01	2,72	0,3	54,4	6239,4	15210,5
P598	11940.000	1,24	3,2	24,9	64,1	6264,3	15274,6
P599	11960.000	0,18	4,76	3,5	95,3	6267,8	15369,9
P600	11980.000	0	6,54	0	130,8	6267,8	15500,7
P601	12000.000	0,07	6,11	1,4	122,3	6269,2	15623
P602	12020.000	0	8,68	0	173,6	6269,2	15796,6
P603	12040.000	0	4,75	0	95	6269,2	15891,6
P604	12060.000	0	12,18	0	243,6	6269,2	16135,2
P605	12080.000	0,37	4,78	7,3	95,6	6276,5	16230,8
P606	12100.000	0,53	3,14	10,7	62,8	6287,2	16293,6
P607	12120.000	2,34	0,05	46,7	1	6333,9	16294,6
P608	12140.000	0,29	0,33	5,7	6,6	6339,6	16301,2
P609	12160.000	0,43	0,66	8,5	13,3	6348,1	16314,5
P610	12180.000	0,16	1,15	3,1	23	6351,2	16337,5
P611	12200.000	0	4,52	0	90,4	6351,2	16427,9
P612	12220.000	0	5,61	0	112,1	6351,2	16540
P613	12240.000	0	2,93	0	58,6	6351,2	16598,6
P614	12260.000	0	7,95	0	158,9	6351,2	16757,5
P615	12280.000	0	9,05	0	181	6351,2	16938,5
P616	12300.000	0	3,82	0	76,5	6351,2	17015
P617	12320.000	0,38	0,47	7,5	9,4	6358,7	17024,4
P618	12340.000	0,69	0,57	13,8	11,4	6372,5	17035,8
P619	12360.000	0,62	0,81	12,4	16,3	6384,9	17052,1
P620	12380.000	0,41	0,97	8,2	19,4	6393,1	17071,5
P621	12400.000	0	2,94	0	58,9	6393,1	17130,4
P622	12420.000	0	11,34	0	226,8	6393,1	17357,2
P623	12440.000	0	9,24	0	184,7	6393,1	17541,9
P624	12460.000	0	9,48	0	189,5	6393,1	17731,4
P625	12480.000	0	11,15	0	223,1	6393,1	17954,5
P626	12500.000	0	8,89	0	177,7	6393,1	18132,2
P627	12520.000	0	8,55	0	171,1	6393,1	18303,3
P628	12540.000	0	11,92	0	238,4	6393,1	18541,7
P629	12560.000	0	8,01	0	160,2	6393,1	18701,9
P630	12580.000	0,27	1,22	5,3	24,4	6398,4	18726,3
P631	12600.000	1,12	0,31	22,3	6,2	6420,7	18732,5
P632	12620.000	0	2,68	0	53,6	6420,7	18786,1
P633	12640.000	0,1	3,44	2	68,6	6422,7	18854,7
P634	12660.000	0	6,2	0	123,9	6422,7	18978,6
P635	12680.000	0,02	18,36	0,4	366,9	6423,1	19345,5
P636	12700.000	0,12	3,22	2,5	64,4	6425,6	19409,9
P637	12720.000	0,24	0,29	4,7	5,7	6430,3	19415,6
P638	12740.000	0,74	0,44	14,9	8,8	6445,2	19424,4
P639	12760.000	0,67	0,13	13,5	2,6	6458,7	19427

P640	12780.000	0,13	0,91	2,6	18,2	6461,3	19445,2
P641	12800.000	0	9,18	0	183,6	6461,3	19628,8
P642	12820.000	0	7,17	0	143,3	6461,3	19772,1
P643	12840.000	0	8,44	0	168,3	6461,3	19940,4
P644	12860.000	0	3,07	0	61,2	6461,3	20001,6
P645	12880.000	0,22	0,97	4,4	19,3	6465,7	20020,9
P646	12900.000	1,06	0,98	21,3	19,5	6487	20040,4
P647	12920.000	0	5,56	0	111,2	6487	20151,6
P648	12940.000	0	6,08	0	121,6	6487	20273,2
P649	12960.000	0	5,18	0	103,7	6487	20376,9
P650	12980.000	0	10,48	0	209,7	6487	20586,6
P651	13000.000	0	8,02	0	160,4	6487	20747

Fichier covadis pour calculer quantité entre deux MNT :

COVADIS Version 16
(C) Géomédia S.A.S. 1993-2017

COVADIS - CUBATURES ENTRE DEUX ÉTATS DE TERRAIN

Nom du dessin : ROUTE HTJ HBH (Partie KAMAN I)

Du PK 02 Au PK 09

VOLUMES TOTAUX : Remblais = 10544.345 m³, Déblais = 901.532 m³

Caractéristiques du premier état de terrain

Nom	Terrain Naturel
Nombre de faces	1238
Altitude mini	527.698 m
Altitude maxi	538.125 m
Surface totale 2D	136999.27 m ²
Surface totale 3D	140701.54 m ²

Caractéristiques du second état de terrain

Nom	Etat de terrain 2
Nombre de faces	1062
Altitude mini	529.138 m
Altitude maxi	537.287 m
Surface totale 2D	35531.25 m ²
Surface totale 3D	37147.91 m ²

Résultats du calcul des cubatures pour passer du premier au second état

Surfaces 2D	:	
Avec remblais	:	31737.52 m ²
Avec déblais	:	3793.72 m ²
Sans écart	:	0.00 m ²
Total	:	35531.25 m ²

Volumes	:	
Remblais	:	10544.345 m ³
Déblais	:	901.532 m ³
Total	:	11445.877 m ³

Surfaces 3D (état 1)	:	
Avec remblais	:	31848.15 m ²
Avec déblais	:	3811.33 m ²
Sans écart	:	0.00 m ²
Total	:	35659.48 m ²

Surfaces 3D (état 2)	:	
Avec remblais	:	32664.94 m ²
Avec déblais	:	4482.97 m ²
Sans écart	:	0.00 m ²
Total	:	37147.91 m ²