



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et Architecture



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

- Filière : TRAVAUX PUBLICS.
- Spécialité : VOIES ET OUVRAGES D'ART (VOA).

Etude de renforcement et dédoublement de
la route national N°=01 entre Tamanrasset et
l'aéroport lot N°=02 du pk 4+000 au pk 8+000.

Présenté par :

- Mr. BELAYACHI SIDI BENABDALLAH.
- Mme. HOCINE FAIZA.

Soutenu le : 18/06/2023

Devant le jury de soutenance composé de :

President: Mr.KERAOUTI RABAH.

Encadrent: Mr. ROUAM SERIK MOHAMED.

Examineur : Mr. TALIA AHMED.

Remerciement

Tout notre remerciement à ALLAH qui nous a donné le courage, la détermination, la volonté et la persévérance d'aller jusqu'au bout.

C'est avec une profonde et particulière reconnaissance que nous remercions notre encadreur Mr ROUAM SERIK MOHAMED pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permis d'accomplir notre travail de fin d'étude.

Nos remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de juger ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce projet :

A ma chère mère,

A mon cher père,

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me
soutenir*

Et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A ma chère sœur,

*Pour ses soutiens moraux et ses conseils précieux tout au long de mes
études.*

A mon cher grand-père,

Qui je souhaite une bonne santé.

A mes chères ami(e)s

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles

Dédicace

*Je dédie ce mémoire A
mes chers parents.*

*A mes frères qui m'ont toujours aidé et qui ont été
ma première source d'inspiration et de courage, et
à ma très chère sœur.*

*A toute ma famille oncles, tantes et
cousins.*

A tous mes amis.

*A tous ceux que j'ai côtoyés au cours de mes
études, enseignants et étudiants.*

A vous tous.

Résumé.

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des études des infrastructures de transport, et en particulier les routes. La route est considérée comme un élément efficace reliant les différentes régions du pays. Elle contribue au développement à travers différentes activités économiques et les échanges commerciaux. Ce projet présente une étude géométrique et une approche géotechnique du projet de renforcement dédoublement de la route nationale n°01 entre Tamanrasset et l'aéroport lot n°02 du PK 4+000 AU PK 8+000 Sur 04km dans la Wilaya de Tamanrasset. Cette étude se compose de deux parties :

- La première partie : étude bibliographique des routes saharienne.
- La deuxième partie : étude géométrique et géotechnique d'un tronçon de 04 Km.

Abstract.

Our Project of end of study return in the field of the infrastructures of transport, and in particular the roads. The road is considered an effective element linking the various regions of the country and to contribute its development through various economic activities and commercial exchanges. This Project presents a geotechnical and geometrical study of the Construction of the Route Reliant Tamanrasset and the airport lot n°02 from PK 4+000 TO PK 8+000 Over 04 km in the Wilaya of Tamanrasset. This study consists of two parts:

- The first part: bibliographical study of Saharian roads.
- The second part: geometric study and geotechnical.

ملخص.

يقع مشروع نهاية دراستنا في مجال البنية التحتية للنقل، تعتبر الطريق عنصرا فعالا يربط بين مختلف مناطق الدولة ويساهم في تنميتها من خلال أنشطة اقتصادية مختلفة والتجارة.

يقدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية لإنشاء الطريق الذي يربط بين ولاية تمنراست ومطار الولاية بطول 12 كم الشطر الثاني (من النقطة الكيلو مترية PK 4 + 000 إلى النقطة الكيلو مترية PK8+ 000) على امتداد 04 كم.

تتكون هذه الدراسة من جزئين:

*الجزء الأول : دراسة بليوغرافية لطرق الصحراء.

*الجزء الثاني : دراسة هندسية وجيوتقنية .

Sommaire.

INTRODUCTION GENRALE.....	1
CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.....	2
1.1 Introduction.....	2
1.2 Le Sahara.	2
1.3 Caractéristiques générales.....	3
1.3.1 Le climat.....	3
1.3.2 Le relief.	3
1.3.3 Principales ressources en matériaux locaux dans le Sud algérien.....	4
1.4 Les routes sahariennes.	5
1.5 Le réseau routier algérien.....	6
1.6 Présentation du Réseau.	8
1.7 Les difficultés des pistes sahariennes.....	8
CHAPITRE 02 : PRESANTATION DU PROJET.	10
2.1 Généralités sur la wilaya de Tamanrasset.	10
2.2 Situation géographique de la wilaya.	10
2.3 Aspect Administratif.	11
2.4 Le réseau routier de la wilaya.	12
2.5 Géomorphologie la wilaya de Tamanrasset.	13
2.5.1 Les Plateaux du Tadmait et du Tinghert.....	13
2.5.2 Les Plaines.....	13
2.5.3 Les Massifs isolés.	13
2.5.4 Le Fossé périphérique.....	13
2.6 Contexte géologique.....	14
2.6.1 Présentation du Hoggar.	14
2.6.2 Structure et géologie du Hoggar.	14
2.6.3 Réseau hydrographique.....	14

2.7	Présentation du projet.	15
2.8	Localisation du projet.	15
2.9	Objectif du projet.	16
2.10	Justification du dédoublement de la RN01.	16
CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEES DE BASE.		17
3.1	Généralités.	17
3.2	Environnement de la route.	17
3.3	La dénivelée cumulée moyenne.....	17
3.4	Calcul de la dénivelée cumulée moyenne.....	18
3.5	La sinuosité.	22
3.5.1	Calcul de la sinuosité.	23
3.6	Catégorie de la route.	24
3.7	La vitesse de référence.....	24
CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC.....		26
4.1	Introduction.....	26
4.2	Analyse de trafics.....	26
4.3	Mesure des trafics.	27
4.3.1	Les comptages.....	27
4.3.2	Les enquêtes.	28
4.4	Différents types de trafic.....	29
4.5	Modèles de présentation de trafic.....	30
4.5.1	Prolongation de l'évolution passée.....	30
4.5.2	Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.....	30
4.5.3	Modèle gravitaire.....	31
4.5.4	Modèle de facteurs croissance.....	31
4.6	Calcul de la capacité.....	31
4.6.1	Définition de la capacité.....	31

4.6.2	La procédure de détermination de nombre de voies.	32
4.7	La capacité théorique.	34
4.8	Calcule nombre de voies	35
4.9	Application au projet.	35
4.9.1	Projection future du projet.	36
4.9.2	Trafic Effectif.	36
4.9.3	Débit de point horaire normale.	36
4.9.4	Debit horaire admissible.	37
4.9.5	Calcul nombre des voies.	37
4.9.6	Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies.	37
4.10	Conclusion.	38
CHAPITRE 05 : PARAMETRE CINEMATIQUE.		39
5.1	Introduction.	39
5.2	Distance de freinage.	39
5.3	Temps de réaction.	40
5.4	Distance d'arrêt.	41
5.5	Manœuvre de dépassement.	42
5.6	Espacement entre deux véhicules.	43
5.7	Application au projet.	43
5.7.1	Distance de freinage.	43
5.7.2	Distance d'arrêt.	43
5.7.3	Espacement entre véhicules.	44
CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN.		45
6.1	Introduction.	45
6.2	La vitesse de projet.	45
6.3	Paramètres fondamentaux (B40).	46
6.4	Règles à respecter dans le trace en plan.	46

6.5 Les éléments du tracé en plan.	46
6.5.1 Alignements droit.....	47
6.5.2 Les arcs de cercle.....	48
6.6 Courbes en plan.	49
6.6.1 Le rayon minimal absolu RHM.....	49
6.6.2 Le rayon minimal normal RHN.....	49
6.6.3 Le rayon au devers minimal RHd.	49
6.6.4 Le rayon non déversé RHnd.	50
6.6.5 Détermination des dévers d_{max} et d_{min}	50
6.6.6 Détermination du coefficient transversal f_t	50
6.6.7 Détermination du coefficient f'' en fonction de la catégorie.	50
6.6.8 Rayons en plan d'après les normes B40.	51
6.6.9 Visibilité en courbe.....	51
6.6.10 Sur largeur.	52
6.7 Courbes de raccordements.	52
6.7.1 Clothoïde.....	52
6.7.2 Expression mathématique de la Clothoïde.....	53
6.7.3 Élément de la Clothoïde.	53
6.7.4 Longueur de la Clothoïde	54
6.8 Clothilde impossible.....	56
6.9 Carrefour	56
6.9.1 Définition d'un carrefour.....	56
6.9.2 Caractéristique des carrefours	57
6.9.3 Principes généraux d'aménagement des carrefours	57
6.9.4 Classements des carrefours.....	57
6.9.5 Carrefour giratoire	58
6.10 Application de projet :.....	60

6.10.1 Disposition générale :	60
6.10.2 Caractéristiques géométriques d'un carrefour giratoire	61
CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG.	63
7.1 Définition.	63
7.2 Règles à respecter dans le trace du profil en Long.	63
7.3 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge.	64
7.4 Eléments de composition du profil en long.	64
7.5 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.	64
7.6 Déclivité.	65
7.6.1 Déclivité minimum.	65
7.6.2 Déclivité maximum.	65
7.7 Les raccordements en profil en long.	66
7.7.1 Les raccordements en angle saillant (convexes).	66
7.7.2 Raccordements concaves (angle rentrant).	68
7.8 Détermination pratique du profil en long.	69
7.8.1 Détermination de La position du point de rencontre (S).	70
7.8.2 Calculs de La tangente.	70
7.8.3 Projection horizontale de la longueur de raccordement.	70
7.8.4 Calcul de la flèche.	71
7.8.5 Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe.	71
7.8.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T).	71
7.9 Exemple de calcul de profil en long rentrant.	71
7.9.1 Calcul de la tangente.	71
Chapitre 8 : PROFIL EN TRAVERS.	73
8.1 Définition.	73
8.2 Les éléments du profil en travers.	73
8.3 Différents types de profil.	75

8.3.1 Profil en travers courant	75
8.4 Application numérique au projet.	76
Chapitre 09 : LES CUBATURES.	77
9.1 Généralités.	77
9.2 Définition.	77
9.3 Méthode de calcul des cubatures.....	77
9.4 La méthode SARRAUS.	78
9.5 Méthode de GULDEN.	80
9.6 Méthode linéaire.....	80
9.7 Application au projet.....	81
Chapitre 10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.	82
10.1 Généralités.....	82
10.1.1 De la charge des véhicules.	82
10.1.2 Des intempéries.	83
10.1.3 Des efforts tangentiels.....	83
10.2 La chaussée.	83
10.2.1 Au sens géométrique.	83
10.2.2 Au sens structurel.	84
10.3 Les différentes catégories de chaussée.....	86
10.4 Les principales méthodes de dimensionnement.....	88
10.4.1 Method C.B.R (California – Bearing – Ratio).	88
10.4.2 Coefficient d'équivalence.....	89
10.4.3 Application au projet.....	90
10.4.4 Calcul des épaisseurs des différentes couches.	91
Chapitre 11 : ETUDE GEOTECHNIQUE.	93
11.1 Introduction.	93
11.2 Objectif de la géotechnique routière	93

11.3 Les moyens de la reconnaissance.....	93
11.4 Réglementation algérienne en géotechnique.....	94
11.5 Les essais en géotechnique.....	94
11.5.1 Essais physiques	95
11.5.2 Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053).....	97
11.5.3 Analyse granulométrique par tamisage :.....	97
11.5.4 Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598	101
11.5.5 Limites d'Atterberg : NF P 94-051	104
11.5.6 Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048	107
11.6 Essais mécaniques.....	109
11.6.1 Essai Proctor modifié : NF P 94-093.....	109
11.6.2 Essai CBR : NF P 94-078.....	111
11.7 Essais chimiques	114
11.7.1 Essais au bleu de méthylène (ou à la tache)	114
11.8 Essais des Enrobées.....	115
11.8.1 L'essai de compacité :.....	115
11.8.2 Essai de carottage	115
CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT	118
12.1 Introduction.....	118
12.2 Contexte de l'assainissement routier.....	118
12.3 Objectifs de l'assainissement.....	118
12.4 Définitions.....	119
12.4.1 L'Assainissement.....	119
12.4.2 Avaloir.....	119
12.4.3 Traversées.....	119
12.4.4 Drain.....	119
12.4.5 Descente d'eau.....	119

12.4.6 Caniveau.....	120
12.4.7 Le talus.....	120
12.4.8 Bassin versant.....	120
12.4.9 Chambre de visite (cheminée).....	120
12.4.10 Sacs.....	120
12.4.11 Fossé de crête.....	121
12.4.12 Regards.....	121
12.4.13 Buse.....	121
12.5 Types de dégradations.....	121
12.5.1 Pour les chaussées.....	121
12.5.2 Pour les talus.....	121
12.6 Assainissement de la route.....	122
12.6.1 Réseaux longitudinaux.....	122
12.6.2 Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements.....	124
12.7 Types et rôles d'ouvrages d'assainissement routier.....	125
12.7.1 Quelques types d'ouvrage d'assainissement.....	125
12.7.2 Rôles des ouvrages d'assainissement [9].....	128
12.8 Synthèse.....	130
12.9 Dans le cas de notre projet.....	130
Chapitre 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.....	131
13.1 Signalisation.....	131
13.2 Objectifs de signalisation routière.....	131
13.3 Critères a respecter pour les signalisations.....	131
13.4 Types de signalisation.....	132
13.4.1 Signalisation verticale.....	132
13.4.2 Signalisation horizontale.....	133
13.4.3 Marquages longitudinales :.....	133

13.4.4	Marquages transversales.....	135
13.4.5	Autres signalisation.....	135
13.5	Application au projet.....	136
13.5.1	Les signalisations horizontales.....	136
13.5.2	Les signalisations verticales.....	139
13.6	Eclairage.....	142
13.6.1	Catégorie d'éclairage	142
13.6.2	Paramètres d'implantation des luminaires.....	142
13.6.3	Eclairage d'un point singulier	143
Chapitre 14 : Devis Quantitatif Et Estimatif.....		144

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Route transsaharienne	6
Figure 1-2 Réseau routier Algérien.	7
Figure 2-1 Communes de la wilaya de Tamanrasset.	11
Figure 2-2 Réseau routier de la wilaya de Tamanrasset.	12
Figure 2-3 Tracé du projet	15
Figure 5-1 La distance d'arrêt.	41
Figure 6-1 Élément du tracé en plan.	47
Figure 6-2 l'effet de la force centrifuge.	48
Figure 6-3 La Clothoïde	53
Figure 6-4 Carrefour en T.	58
Figure 6-5 Carrefour en Y.	58
Figure 6-6 Schéma type d'un carrefour giratoire à 4 branches.	61
Figure 8-1 Éléments du profil en travers.	73
Figure 8-2 Différents types de profil en travers courant.	76
Figure 9-1 Volume remblais, déblais.	78
Figure 10-1 Les différentes catégories de chaussée.	87
Figure 11-1 Analyse granulométrique.	98
Figure 11-2 Tamisage électrique et manuel.	99
Figure 11-3 Méthode d'essai.	99
Figure 11-4 Mode opératoire.	100
Figure 11-5 L'essai d'équivalent de sable.	103
Figure 11-6 Nature du sol en fonction d'E.S.	103
Figure 11-7 Limite de plasticité.	107
Figure 11-8 Mode opératoire de l'essai carbonate.	109
Figure 11-9 Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire.	109
Figure 11-10 Matériels de l'essai Proctor.	110
Figure 11-11 Les étapes de l'essai Proctor.	111
Figure 11-12 Matériels d'essai CBR.	112
Figure 11-13 Matériels d'essai CBR.	113
Figure 11-14 Essai de carottage.	117
Figure 12-1 Réseau de crête de talus de déblai.	122
Figure 12-2 Réseau du terre-plein central pour une chaussée	123

Figure 12-3 Réseau de crête de talus de remblai.....	124
Figure 12-4 Réseau de pied de talus de remblai.....	124
Figure 12-5 Situation des réseaux d'assainissement	125
Figure 13-1 Flèche de sélection (1)	136
Figure 13-2 Flèche de sélection (2)	136
Figure 13-3 Marque sur la chaussée	137
Figure 13-4 Flèche de rabattement.	137
Figure 13-5 Schéma de signalisation stop	138
Figure 13-6 Schémas de marquage.....	138
Figure 13-7 Panneaux spéciaux type A.	141
Figure 13-8 Signaux d'identification.....	142
Figure 13-9 Paramètres d'implantation des luminaires.	143
Figure 14-1 Devis.	144

LISTE DES TABLEAUX.

Tableau 1-1 Le réseau routier Algérien.....	8
Tableau 3-1 Données de base.....	18
Tableau 3-2 Détermination de la nature des terrains.....	22
Tableau 3-3 Sinuosité.....	23
Tableau 3-4 Environnement de la route.....	23
Tableau 3-5 Vitesse de référence.....	25
Tableau 4-1 Valeurs du coefficient P.....	33
Tableau 4-2 Valeur de K1.....	34
Tableau 4-3 Valeur de K2.....	34
Tableau 4-4 La capacité théorique.....	35
Tableau 4-5 Tableau récapitulatif des résultats.....	38
Tableau 5-1 Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.....	40
Tableau 5-2 Les valeurs du temps de perception.....	40
Tableau 5-3 Lois de distance d'arrêt.....	42
Tableau 5-4 Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.....	42
Tableau 6-1 Dévers en fonction de l'environnement.....	49
Tableau 6-2 Dévers.....	50
Tableau 6-3 Détermination du coefficient transversal ft.....	50
Tableau 6-4 Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie.....	50
Tableau 6-5 Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.....	51
Tableau 6-6 Les rayons en plan selon B40.....	51
Tableau 6-7 La géométrie de l'anneau 1.....	62
Tableau 6-8 La géométrie de l'anneau 2.....	62
Tableau 7-1 Valeur de déclivité maximale[NormesB40].....	66
Tableau 7-2 Rayons convexes (angle saillant) [B40].....	68
Tableau 7-3 Rayons concaves (angle rentrant) [B40].....	68
Tableau 7-4 Tableau récapitulatif.....	69
Tableau 7-5 Les valeurs de projet.....	72
Tableau 10-1 Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.....	89
Tableau 10-2 Tableau de différentes couches.....	92
Tableau 12-1 Ouvrages d'assainissement routier.....	126
Tableau 13-1 Les modulations des lignes discontinues	134

INTRODUCTION GENERALE.

Actuellement la richesse d'un pays peut se mesurer à la puissance de ses moyens de communication, depuis des siècles, l'homme a pensé à ce moyen de communication et les tracés étaient différemment conçus selon les moyens de transports de chaque époque.

Le présent mémoire a pour objet d'analyser et de proposer des solutions pour le renforcement et le dédoublement de la Route Nationale 01 reliant Tamanrasset et l'aéroport. Cette route est d'une importance cruciale pour le transport de biens et de personnes dans la région, ainsi que pour le développement économique de la région.

Dans ce mémoire, nous examinerons les différentes étapes de la planification et de la mise en œuvre du projet, ainsi que les défis auxquels sont confrontés les décideurs et les ingénieurs dans la réalisation de ce projet. Nous aborderons également les aspects techniques et économiques de ce projet, tels que l'élargissement de la chaussée et l'amélioration de la signalisation.

Enfin, nous analyserons l'impact du projet sur la communauté locale et l'environnement, et proposerons des mesures d'atténuation pour minimiser l'impact négatif potentiel de la construction de la route. Ce mémoire vise à fournir des recommandations pratiques pour les décideurs politiques et les ingénieurs, ainsi que des informations utiles pour les chercheurs intéressés par la planification et la mise en œuvre de projets d'infrastructure dans les zones rurales.

Dans cette même optique, l'organisation de ce manuscrit fera objet de l'étude en avant-projet détaillé (APD) du dédoublement en question toute en étant guider par le B40 (respect des normes) dont l'objectif est doté à ce tronçon les caractéristiques d'une route nationale. Cela s'est concrétisé en moyennant les actions suivantes :

- Amélioration le niveau de service de cette route.
- Réduire le nombre d'accidents.
- Assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- Augmentation de la capacité de la route

CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

1.1 Introduction.

La conception, la construction, la qualité et la durée de vie d'une route dépendent essentiellement de son environnement : climat, qualité du sous-sol, teneur en eau du sol, matériaux disponibles, trafic...). A ce titre, le Sahara algérien est un exemple significatif ; l'insertion de la route dans ce milieu a nécessité une révolution dans la façon de concevoir et de réaliser le corps de chaussée. La mise en place de la technique routière saharienne fût le résultat de plusieurs années d'expériences après la réalisation de plus de 2 500 km en milieu désertique ; Aujourd'hui le défi est d'adapter cette technique aux nouvelles réalités, d'établir des critères de classification des matériaux sahariens afin de faciliter leur utilisation pour les projecteurs (choix de matériaux selon les possibilités offertes sur le terrain, les techniques de réalisation, le dimensionnement de la chaussée). L'exposé portera sur la technique routière saharienne, la classification des matériaux et sur quelques techniques de réalisation, après une présentation succincte du contexte saharien.

1.2 Le Sahara.

Le Sahara est le plus grand désert chaud du monde. Occupant presque tout le nord de l'Afrique, il mesure environ 4 800 kilomètres d'est en ouest et entre 1 300 et 1 900 kilomètres du nord au sud, soit une superficie totale de près de 8 600 000 kilomètres carrés. Il se prolonge au-delà de la mer Rouge et est appelé alors désert saharo-arabique, étiré sur 7 500 kilomètres et couvrant 12 millions de kilomètres carrés.

Le Sahara proprement dit, qui fait l'objet de cet article, est délimité à l'ouest par l'océan Atlantique, au nord par la chaîne de l'Atlas et la mer Méditerranée, à l'est par la mer Rouge et dans le sud par une zone d'anciennes dunes sableuses immobiles alignées sur l'attitude 160 N.

Le Sahara s'étend sur une dizaine de pays (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, Égypte, Soudan, Tchad, Niger, Mali, Mauritanie) mais compte une faible population. De vastes zones sont complètement vides. Toutefois, le Sahara est un espace où la majorité des habitants vivent dans des villes. Son exceptionnelle croissance démographique et urbaine, liée notamment à l'exploitation de ses importantes ressources naturelles a transformé les modes de vie de ses diverses populations.

1.3 Caractéristiques générales.

1.3.1 *Le climat.*

Le Sud algérien est caractérisé par des étés très chauds (50° à l'ombre) et des hivers rudes avec d'importants écarts de température (-5° le soir et 30° le jour). Les pluies sont rares et tombent généralement sous forme d'averses (précipitations annuelles moyennes inférieures à 50 mm qui peuvent tomber en une ou deux averses), les vents de sable y sont fréquents.

La zonalité climatique en Algérie basée sur la pluviométrie est la suivante :

- Zone I : méditerranéenne humide $H \geq 600\text{mm}$.
- Zone II : méditerranéenne subhumide $350 \text{ mm} \leq H < 600\text{mm}$.
- Zone III : semi-aride ou steppique $100 \text{ mm} \leq H < 350\text{mm}$.
- Zone IV : aride ou désertique $H < 100\text{mm}$.

D'après cette classification, le Sahara est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 100 mm, à laquelle s'ajoutent d'autres paramètres :

- Des températures très variables et élevées en été (entre 38 et 45°C) ;
- Un écart thermique entre le jour et la nuit, de 12 à 15°C en été et de 9 à 15°C en hiver ;
- Une extrême sécheresse atmosphérique ;
- Une fréquence des vents de sable ;
- Une rareté et irrégularité des pluies.

1.3.2 *Le relief.*

Le sud algérien est caractérisé par un relief peu accidenté constitué par de vastes plaines. Les paysages sont généralement monotones à l'exception de quelques zones montagneuses ou passages d'ergs.

Le Sahara algérien est caractérisé par un relief de plaines vastes, de plateaux et de massifs montagneux. Voici une description des principales caractéristiques du relief du Sahara algérien :

Les plaines : Le Sahara algérien abrite plusieurs plaines vastes, comme la plaine de la Saoura, la plaine de Tademaït et la plaine de la Tafilalet. Ces plaines sont souvent utilisées pour l'agriculture et l'élevage.

Les plateaux : Le Sahara algérien comprend également plusieurs plateaux, comme le plateau de Tademaït, le plateau du Tadref, et le plateau de l'Ahaggar. Ces plateaux sont situés à des altitudes plus élevées que les plaines environnantes et offrent souvent des vues panoramiques spectaculaires.

Les massifs montagneux : Le Sahara algérien comprend plusieurs massifs montagneux importants, comme le massif du Tassili n'Ajjer et le massif de l'Ahaggar. Ces montagnes sont connues pour leurs paysages spectaculaires et leurs formations rocheuses uniques, ainsi que pour leur importance culturelle en tant que sites archéologiques et culturels.

Les dunes de sable : Le Sahara algérien est également célèbre pour ses vastes étendues de dunes de sable, comme celles du Grand Erg Oriental et du Grand Erg Occidental. Ces dunes sont souvent utilisées pour le tourisme et offrent des paysages magnifiques.

Dans l'ensemble, le relief du Sahara algérien est diversifié et spectaculaire, offrant une gamme d'expériences et de paysages uniques.

1.3.3 Principales ressources en matériaux locaux dans le Sud algérien.

L'uniformité de l'aspect de surface du sol saharien dissimule une grande variété de matériaux on distingue :

- Des encroûtements calcaires,
- Des encroûtements gypso-calcaires,
- Des sols gypseux ou salins,
- Du tout-venant de plateaux,
- Du tout-venant de buttes et pentes,
- Des arènes granitiques,
- Des sables,

- Des argiles.

1.4 Les routes sahariennes.

Le Sahara algérien couvre un peu plus de deux millions de kilomètres carrés. Les désertes reliant les différentes régions sont donc parfois énormes. Les routes, avant 1950, avaient rarement dépassé les Hauts -Plateaux. Avec la découverte des premiers gisements du pétrole en 1955-1956, le Sahara a connu une grande extension des infrastructures routières. En trois ans, il a été construit plus de 1200 km auxquels s'ajoutaient, entre 1960 et 1962, 1000 km.

L'utilisation obligatoire des matériaux locaux - dont les solutions de mise en œuvre s'écartent des normes admises- a abouti à la mise au point de techniques particulières propres aux conditions locales, différentes des techniques répandues dans les régions humides.

Dès la période coloniale, des projets de route entre Alger et Zinder et le Niger ont vu le jour et un début d'exécution. L'idée de construire une route transsaharienne est née dans les années 1960 à l'initiative de la Commission économique pour l'Afrique (CEA), avec pour objectif de désenclaver les zones déshéritées et de promouvoir les échanges entre le nord et le sud du Sahara.

Suivi par un Comité de Liaison de la Route transsaharienne (CLRT), le projet est supposé aboutir à la construction d'une route composée de quatre branches reliant deux capitales maghrébines, Alger et Tunis, à quatre capitales subsahariennes, Bamako, Niamey, N'Djamena et Lagos. Les six pays membres de ce comité sont l'Algérie, la Tunisie, le Niger, le Mali, le Tchad et le Nigeria.

Le tronçon principal long d'environ 4 800 km, relie Alger à Lagos ; la RN 1 algérienne en constitue la majeure partie avec 1 700 km. Des connexions vers la Tunisie, le Mali et le Tchad s'y ajoutent.

En 2018, le président du Niger inaugure un tronçon de 140 km reliant Tanout à Zinder. En juin 2020, il reste à aménager 300 kilomètres en Algérie, et à terminer la construction du tronçon Assamaka-Arlit au Niger. Le Nigeria a achevé sa portion de la route principale et la Tunisie a terminé sa connexion.

La Route transsaharienne, ou en abrégé la Transsaharienne, est une route d'Afrique orientée principalement Nord-Sud, qui doit à terme accroître le commerce entre les six pays traversés (Algérie, Mali, Niger, Nigeria, Tchad et Tunisie). Longue d'environ 4 800 km elle

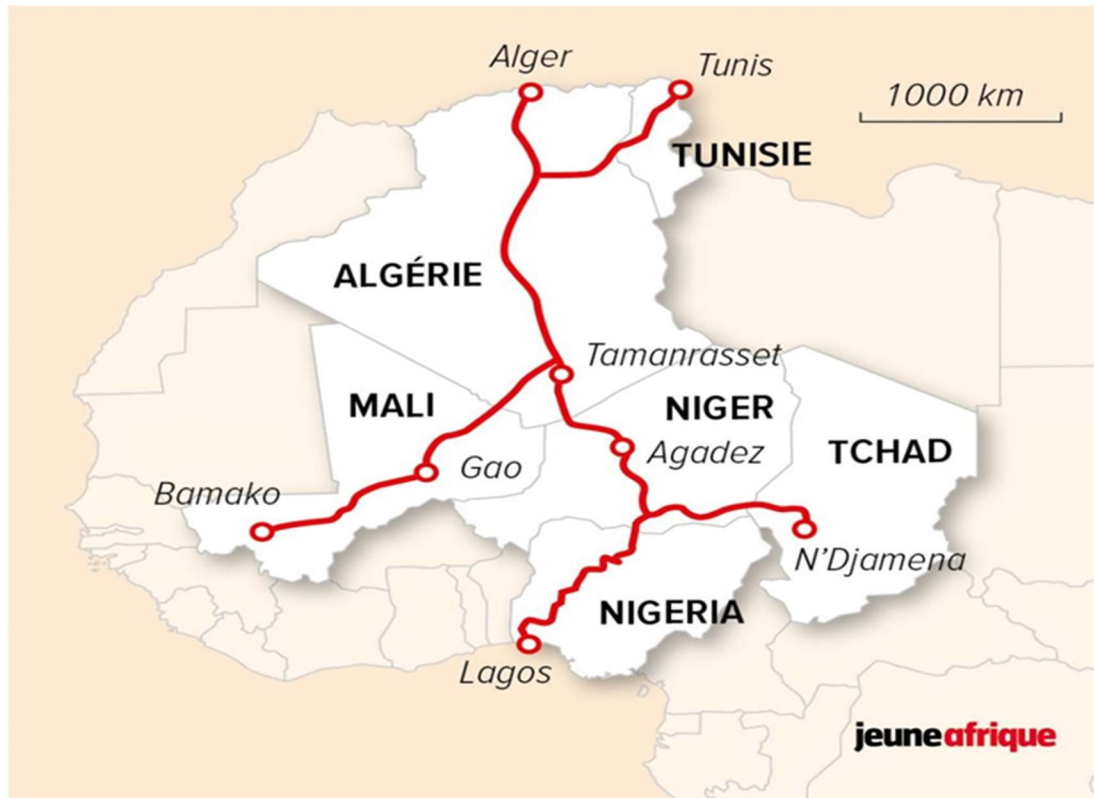


Figure 1-1 Route transsaharienne.

s'inscrit dans le projet de réseau plus ou moins bien défini de grandes routes transafricaines, lancé dans les années 1960.

1.5 Le réseau routier algérien.

Le réseau routier algérien est l'un des plus développés en Afrique, avec une longueur totale de plus de 110 000 kilomètres. Il comprend des autoroutes, des routes nationales, des routes départementales, des pistes et des chemins ruraux.

Les autoroutes en Algérie sont généralement à deux voies avec des échangeurs à chaque intersection. La plus longue autoroute est l'autoroute Est-Ouest, qui traverse le pays d'Est en Ouest sur une distance de plus de 1 200 kilomètres.

Les routes nationales sont les principales routes qui relient les grandes villes et les centres économiques du pays. Elles sont généralement à deux voies et bien entretenues, bien que certaines sections soient sujettes aux nids-de-poule et aux dégradations en raison des conditions climatiques extrêmes.

Les routes départementales et les pistes sont des routes secondaires qui relient les zones rurales aux villes et aux routes principales. Ces routes sont souvent plus étroites et moins bien

entretenu que les routes nationales, mais elles sont essentielles pour les communautés locales et les économies rurales.

En général, le réseau routier algérien est en constante évolution et amélioration. Le gouvernement algérien investit régulièrement dans la construction de nouvelles routes et l'amélioration des routes existantes pour améliorer la connectivité et la mobilité à travers le pays.

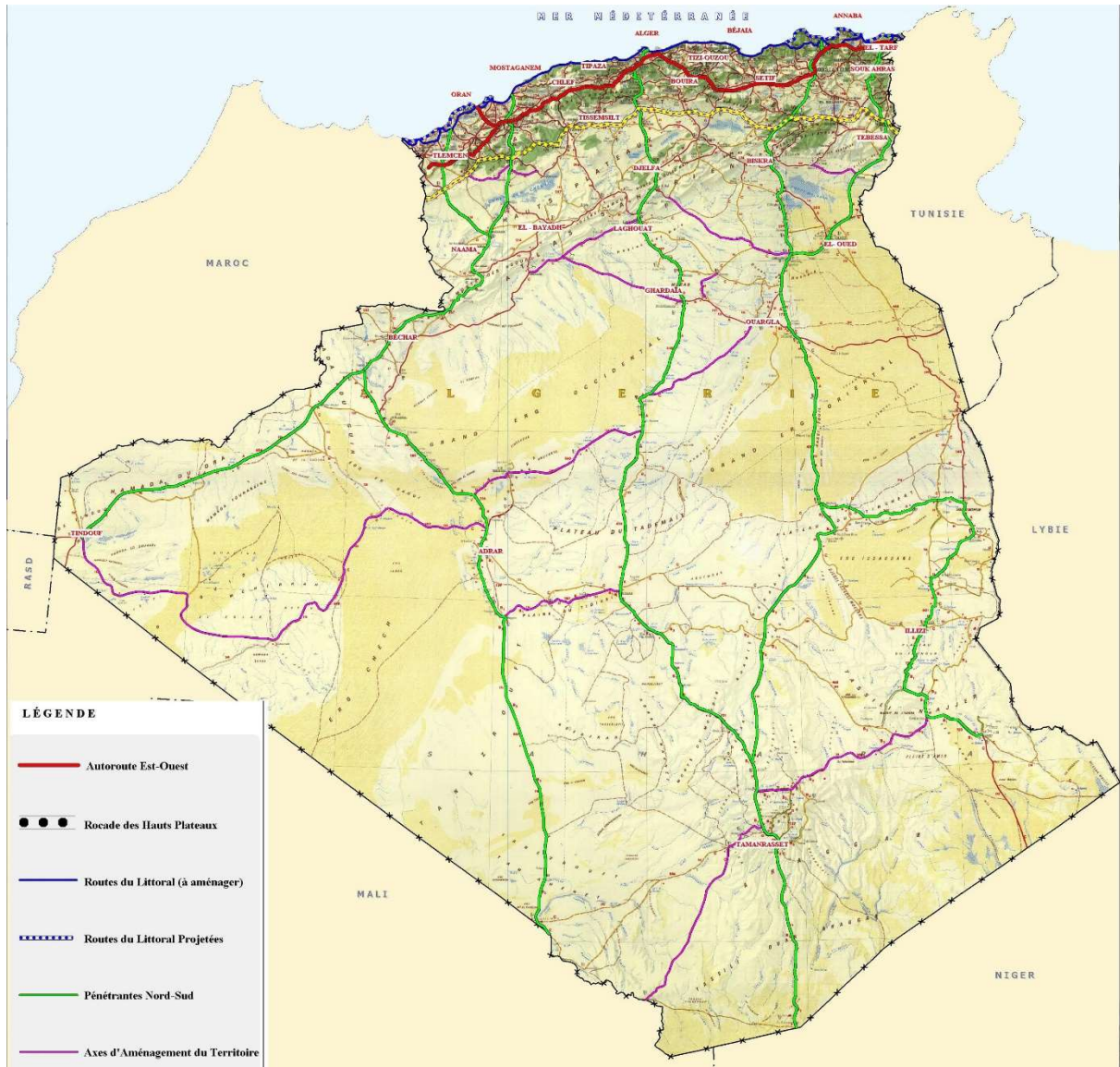


Figure 1-2 Réseau routier Algérien.

1.6 Présentation du Réseau.

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

Tableau 1-1 Le réseau routier Algérien

Types de Routes	Revêtu	Piste	Total	Taux
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	30 419	108 302	/

Notant cependant que 30 419 km sont des routes non revêtues (piste), ce réseau en RN, CW, et CC, représente 28 % de l'ensemble du réseau national.

1.7 Les difficultés des pistes sahariennes.

Les pistes sahariennes peuvent présenter de nombreuses difficultés en raison de leur environnement hostile et des conditions climatiques extrêmes. Voici quelques-unes des difficultés les plus courantes :

Les conditions météorologiques : La chaleur extrême, les tempêtes de sable et les vents forts peuvent rendre la conduite difficile et dangereuse.

Le manque d'eau : Les pistes sahariennes traversent souvent des zones arides et désertiques où l'eau est rare. Il est donc important de planifier les trajets en conséquence et de transporter suffisamment d'eau pour couvrir les besoins de tous les occupants du véhicule.

Les pistes impraticables : Les pistes sahariennes sont souvent accidentées et rocailleuses, avec des passages de sable mou et des zones de dunes qui peuvent rendre la conduite difficile, voire impossible pour les véhicules inadaptés.

Le manque de repères : Les pistes sahariennes peuvent manquer de panneaux de signalisation ou de marques visibles, ce qui peut rendre la navigation difficile, surtout la nuit.

L'isolement : Les pistes sahariennes peuvent traverser des zones très isolées, avec peu ou pas de villages ni de points de service, ce qui peut rendre les pannes ou les accidents encore

plus dangereux. Il est donc important de prévoir des équipements de secours et de communication adéquats en cas d'urgence

CHAPITRE 02 : PRESANTATION DU PROJET.

2.1 Généralités sur la wilaya de Tamanrasset.

La ville de Tamanrasset est le chef-lieu de la wilaya et le centre administratif, commercial et culturel de la région.

La wilaya de Tamanrasset est caractérisée par un climat désertique avec des températures élevées tout au long de l'année, avec des pics atteignant 50°C en été. Les principales activités économiques de la région sont l'agriculture, l'élevage, le tourisme et l'exploitation des ressources minérales, en particulier le pétrole et le gaz naturel.

La wilaya de Tamanrasset est également connue pour ses paysages naturels impressionnants, y compris les montagnes du Hoggar, les dunes de sable et les oasis verdoyantes. La région attire des visiteurs du monde entier pour ses expériences de trekking et de randonnée, ainsi que pour ses sites culturels, tels que les gravures rupestres datant de l'époque préhistorique.

2.2 Situation géographique de la wilaya.

La wilaya de Tamanrasset est située dans le sud de l'Algérie, dans la région du Hoggar. Elle est bordée au nord par les wilayas d'Ilizi, d'Adrar et de Ghardaïa, à l'est par la wilaya de Ouargla, au sud par le Niger, le Mali et le Burkina Faso, et à l'ouest par la Mauritanie.

La wilaya de Tamanrasset couvre une superficie de 556 400 km², ce qui en fait la plus grande wilaya d'Algérie. Elle est principalement caractérisée par un paysage désertique, avec des montagnes, des plateaux, des plaines et des oasis verdoyantes.

La région est située à une altitude élevée, avec la ville de Tamanrasset étant située à une altitude de 1 320 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les montagnes du Hoggar, qui s'étendent sur environ 3 000 km² dans la wilaya, sont le point culminant de la région, avec le mont Tahat, le point le plus élevé d'Algérie, culminant à 2 918 mètres d'altitude.

La wilaya de Tamanrasset est également traversée par plusieurs cours d'eau, tels que l'oued Tamanrasset, l'oued Tamanrasset El Gharbi et l'oued Tamanrasset El Charqui, ainsi que par plusieurs oasis, dont l'oasis d'In Salah et l'oasis de Djanet.

2.3 Aspect Administratif.

La wilaya de Tamanrasset est une subdivision administrative de l'Algérie. Elle est divisée en 7 daïras (districts) et 10 communes (municipalités).

Les daïras sont :

Tamanrasset ; In Ghar ; In Guezzam ; In Salah ; Tin Zaouatine ; Idles Abalessa.

Les communes sont :

Tamanrasset Abalessa In Ghar In Guezzam Idles Tazrouk. Tin Zaouatine In Salah In Amguel Foggaret Ezzaouia.

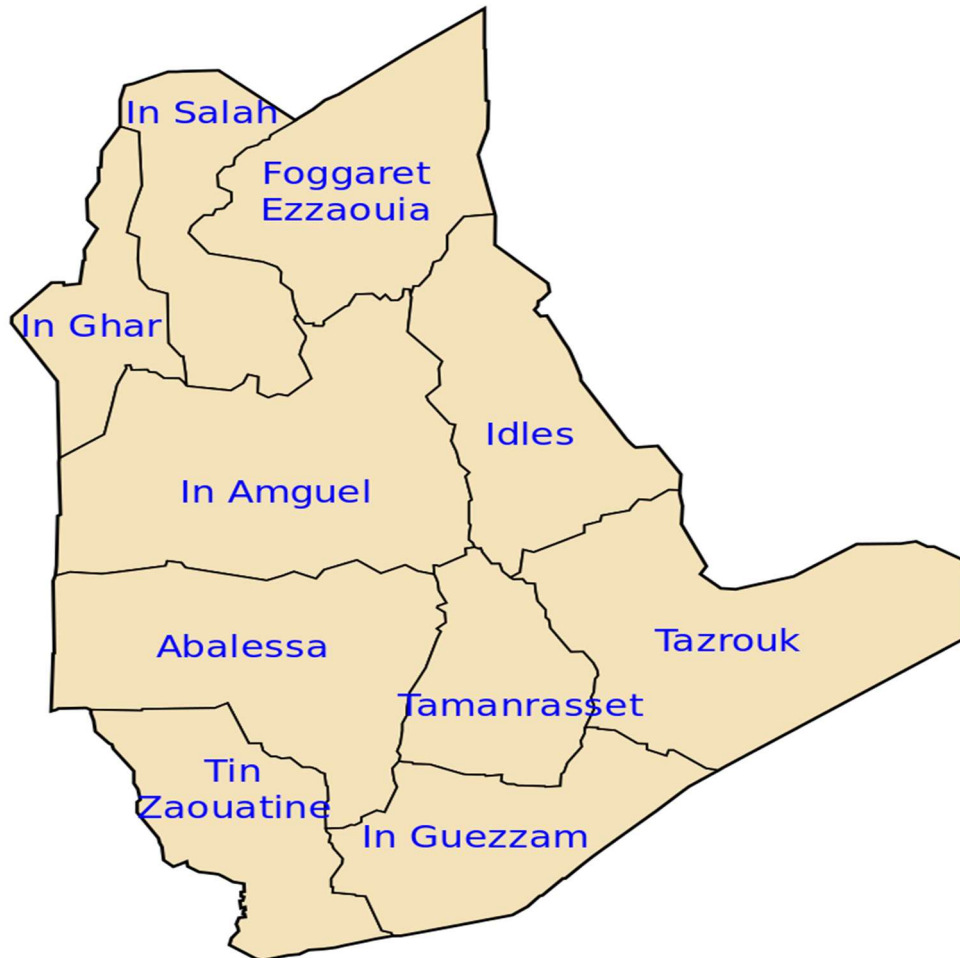


Figure 2-1 Communes de la wilaya de Tamanrasset.

2.4 Le réseau routier de la wilaya.

La ville de Tamanrasset est reliée au reste de l'Algérie par plusieurs routes principales, notamment la Route nationale 1 qui relie Tamanrasset à Alger sur une distance de plus de 2000 kilomètres. D'autres routes importantes incluent la Route nationale 3 qui relie Tamanrasset à Bordj Badji Mokhtar et la Route nationale 55 qui relie Tamanrasset à Djanet.

La région de Tamanrasset dispose d'un réseau routier secondaire composé de pistes et de routes non goudronnées.

Le réseau routier de la wilaya de Tamanrasset totalise 6 308 km et se compose comme suit :

- Routes nationales (RN) : 2 578 km ;
- Chemins de Wilaya (CW) : 472 km ;
- Piste : 3 358 km.

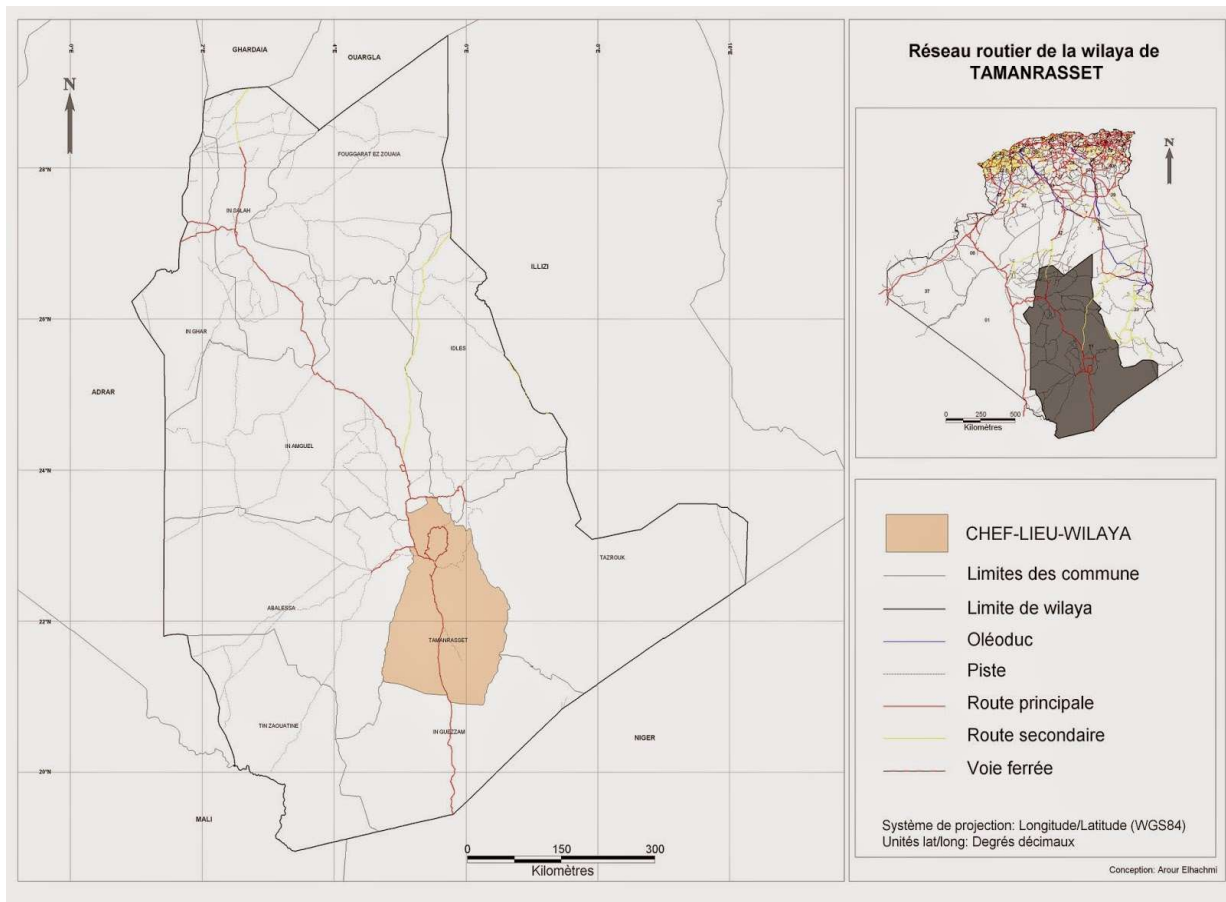


Figure 2-2 Réseau routier de la wilaya de Tamanrasset.

2.5 Géomorphologie la wilaya de Tamanrasset.

La Wilaya de Tamanrasset se caractérise par une diversité remarquable de son relief, et qui se résumant en ce qui suit :

2.5.1 Les Plateaux du Tadmait et du Tinghert.

Situés au Nord et au Nord-Est de la Wilaya, ils se présentent sous la forme de Hamadas et ont l'aspect de deux assises crevassées ; ils sont recouverts par endroits de dunes de sables du fait d'une érosion éolienne très active. La limite Sud du Plateau du Tadmait culmine à 836m.

2.5.2 Les Plaines.

En plus des plaines alluviales des Oueds de l'Ahaggar, on distingue : La plaine du Tidikelt au Nord (au pied du plateau de Tadmait).

Elle est incisée profondément par une succession de Vallées qui la traverse dans une direction Est-Nord-Est et Sud-Ouest.

Le Tanezrouft à l'Ouest une zone hyperaride dans laquelle vient se jeter à l'oued de Tamanrasset. Le Ténéré du Tafessasset aussi austère que le Tanezrouft et les Oueds de l'air (Niger) viennent s'y jeter aussi.

2.5.3 Les Massifs isolés.

Ce sont les massifs d'In-zize d'origine éruptive à l'Est de l'Ahaggar, de Tebertaba (200m) qui est située à l'Est sur la piste de Tamanrasset – Djanet et le versant Nord d'Adrar Nifforas au Sud-Ouest de la Wilaya (Région de Tinzaouatine).

2.5.4 Le Fossé périphérique.

C'est une suite de dépressions circulaires avec une altitude variant entre 500 et 800m, et formant une couronne autour du massif central de l'Ahaggar. - Les Tassilis C'est la ceinture extérieure de l'Ahaggar, constituée par des formations de l'ère primaire :

- Le mouydir au Nord ;
- La Tassili N'Ajjer à l'Est et au sud-Est ;

- Le Tassili Ouan Ahaggar au sud ;
- L'Asedjrad, l'Ahnet et l'Immidir à l'Ouest et au Nord-Ouest.

2.6 Contexte géologique.

2.6.1 Présentation du Hoggar.

Le massif cristallin du Hoggar se situe au sud de l'Algérie, avec ses 550 000 km² de superficie. Il s'étend sur 1000 km d'est en ouest et sur 700 km du nord au sud. Il est le plus important massif constituant le bouclier touareg qui comprend également l'Adrar des Iforas au Mali au (SW) et l'Air au Niger au (SE).

Il est défini comme une vaste boutonnière précambrienne stable depuis le cambrien qui appartient à la chaîne panafricaine. Son territoire est recouvert au nord, à l'est et en partie au sud par les formations sédimentaires Tassiliennes du Paléozoïque.

2.6.2 Structure et géologie du Hoggar.

La subdivision structurale du Hoggar repose sur la présence de vastes compartiments allongés N-S, délimités par de grandes zones de cisaillements régionaux subméridiens. Les accidents 4°50 et 8°30 de direction N-S et à composantes décrochées, les séparent en trois grands Structuro-formationnelles distincts de par leurs lithologies et leur évolution tectono-métamorphiques Ils sont d'ouest en est : le Hoggar occidental, le Hoggar central et le Hoggar oriental.

2.6.3 Réseau hydrographique.

Le réseau hydrographique de Tamanrasset est d'une densité exceptionnelle, il est Pratiquement impossible de dénombrer tous les oueds avec leurs affluents primaires ou secondaires. La plupart de ces oueds prennent naissance dans les parties les plus élevées de l'Atakor et divergent dans toutes les directions. Leur tracé débute dans les régions montagneuses, par un lit bien marqué et une pente forte, et finissent souvent par traverser dans leur cours aval les surfaces aplanies des regs où il devient difficilement identifiable.

Ce réseau hydrographique draine quatre principaux bassins situés sur le territoire du Tamanrasset : bassin de L'Igharghar, bassin du Mekerghane, bassin du Tanezrouft et le bassin De l'Azaouak

Le ruissellement dans ces oueds est occasionnel du fait du caractère rare et très irrégulier des précipitations. Les oueds présentent des débits importants quelques heures après la chute des Pluies, ce qui se traduit par des crues import.

2.7 Présentation du projet.

Le projet fait partie du réseau des routes nationales, il s'agit d'un renforcement et Dédoublément de la RN01 entre la sortie de la wilaya de Tamanrasset à l'aéroport de la wilaya. Sur une longueur d'environ 12 kilomètres dans sa globalité notre projet fait l'objet d'un tronçon de 4 km du pk 4+000 au pk 8+000.



Figure 2-3 tracé du projet.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme national de développement des voies de la wilaya de Tamanrasset.

2.8 Localisation du projet.

Notre projet concerne le dédoublement de la RN1 dans la wilaya de Tamanrasset du PK= 4+000 jusqu'à le PK=8+000 s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie.

2.9 Objectif du projet.

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par dédoublement en (2×2voies) avec un séparateur (TPC) de 4 m et de procéder à Son renforcement

- Résoudre les problèmes de congestion du trafic routier, en assurant la fluidité de la circulation, la régularité du temps de parcours et la sécurité des usagers de la route ;
- Assurer deux chaussée unidirectionnelle de largeur de 8 m avec un terreplein central de 4 m avec des trottoirs de 2 m en zone urbaine et des accotements de de 2 m en zone suburbaine et de 2 m d'accotement ;
- Le Renforcement de la chaussée pour un apport structurel.

2.10 Justification du dédoublement de la RN01.

Le dédoublement a pour but d'assurer la continuité (fluidité) du réseau routier et de faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de Sécurité tous les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérable

CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEES DE BASE.

3.1 Généralités.

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, à ce niveau ça concert le rôle de l'étude géotechnique soit pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquats aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution. Pour déterminé l'environnement de la route on doit ce referait à la norme de la B40.

3.2 Environnement de la route.

La B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes) propose trois environnements (E1, E2, E3) chaque classe d'environnement est caractérisée par deux indicateurs à savoir :

- La dénivelée cumulée moyenne ($H/L=DC$) ;
- La sinuosité σ .

3.3 La dénivelée cumulée moyenne.

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée totale H à la longueur de l'itinéraire L permet de mesurer la longueur du relief.

$$D_c = \frac{|\sum_{P_i > 0} P_i L_i + \sum_{P_i < 0} P_i L_i|}{L}$$

Avec :

P : pente du terrain

L : longueur de l'itinéraire ($L=L_1+L_2+L_3+\dots+L_n$)

3.4 Calcul de la dénivelée cumulée moyenne.

D'après les données topographiques donner on a pu résumer les informations dans le tableau suivant :

Tableau 3-1 données de base.

Profile n°	PK	distance entre profil	Cote TN	DH(m)
P161	4000.000	0	304,179	/
P162	4025.000	25	303,93	-0,249
P163	4050.000	25	303,727	-0,203
P164	4075.000	25	303,563	-0,164
P165	4100.000	25	303,56	-0,003
P166	4125.000	25	303,637	0,077
P167	4150.000	25	303,472	-0,165
P168	4175.000	25	303,308	-0,164
P169	4200.000	25	303,122	-0,186
P170	4225.000	25	303,141	0,019
P171	4250.000	25	302,509	-0,632
P172	4275.000	25	302,971	0,462
P173	4300.000	25	303,302	0,331
P174	4325.000	25	303,261	-0,041
P175	4350.000	25	303,712	0,451
P176	4375.000	25	304,033	0,321
P177	4400.000	25	303,996	-0,037
P178	4425.000	25	304,235	0,239
P179	4450.000	25	304,459	0,224
P180	4475.000	25	304,479	0,02
P181	4500.000	25	304,489	0,01
P182	4525.000	25	304,481	-0,008
P183	4550.000	25	304,473	-0,008
P184	4575.000	25	304,446	-0,027
P185	4600.000	25	304,433	-0,013
P186	4625.000	25	304,403	-0,03
P187	4650.000	25	304,373	-0,03
P188	4675.000	25	304,378	0,005
P189	4700.000	25	304,396	0,018
P190	4725.000	25	304,343	-0,053

Chapitre 03 : Normes géométriques et données de base.

P191	4750.000	25	304,29	-0,053
P192	4775.000	25	304,515	0,225
P193	4800.000	25	304,591	0,076
P194	4825.000	25	304,42	-0,171
P195	4850.000	25	304,207	-0,213
P196	4875.000	25	304,288	0,081
P197	4900.000	25	304,179	-0,109
P198	4925.000	25	304,054	-0,125
P199	4950.000	25	303,903	-0,151
P200	4975.000	25	303,856	-0,047
P201	5000.000	25	303,595	-0,261
P202	5025.000	25	303,499	-0,096
P203	5050.000	25	303,507	0,008
P204	5075.000	25	303,654	0,147
P205	5100.000	25	303,801	0,147
P206	5125.000	25	303,353	-0,448
P207	5150.000	25	303,183	-0,17
P208	5175.000	25	303,415	0,232
P209	5200.000	25	303,303	-0,112
P210	5225.000	25	303,607	0,304
P211	5250.000	25	303,544	-0,063
P212	5275.000	25	302,924	-0,62
P213	5300.000	25	302,656	-0,268
P214	5325.000	25	302,327	-0,329
P215	5350.000	25	302,149	-0,178
P216	5375.000	25	301,896	-0,253
P217	5400.000	25	301,764	-0,132
P218	5425.000	25	301,612	-0,152
P219	5450.000	25	301,505	-0,107
P220	5475.000	25	301,272	-0,233
P221	5500.000	25	301,056	-0,216
P222	5525.000	25	300,857	-0,199
P223	5550.000	25	300,659	-0,198
P224	5575.000	25	300,461	-0,198
P225	5600.000	25	300,263	-0,198
P226	5625.000	25	300,094	-0,169
P227	5650.000	25	300,054	-0,04
P228	5675.000	25	300,015	-0,039
P229	5700.000	25	299,973	-0,042

Chapitre 03 : Normes géométriques et données de base.

P230	5725.000	25	299,906	-0,067
P231	5750.000	25	303,595	3,689
P232	5775.000	25	303,499	-0,096
P233	5800.000	25	303,507	0,008
P234	5825.000	25	303,654	0,147
P235	5850.000	25	303,801	0,147
P236	5875.000	25	303,353	-0,448
P237	5900.000	25	303,183	-0,17
P238	5925.000	25	303,415	0,232
P239	5950.000	25	303,303	-0,112
P240	5975.000	25	303,607	0,304
P241	6000.000	25	303,544	-0,063
P242	6025.000	25	299,208	-4,336
P243	6050.000	25	299,292	0,084
P244	6075.000	25	299,169	-0,123
P245	6100.000	25	299,477	0,308
P246	6125.000	25	299,705	0,228
P247	6150.000	25	299,867	0,162
P248	6175.000	25	300,109	0,242
P249	6200.000	25	300,179	0,07
P250	6225.000	25	300,026	-0,153
P251	6250.000	25	300,182	0,156
P252	6275.000	25	300,052	-0,13
P253	6300.000	25	299,737	-0,315
P254	6325.000	25	299,524	-0,213
P255	6350.000	25	299,471	-0,053
P256	6375.000	25	299,194	-0,277
P257	6400.000	25	298,887	-0,307
P258	6425.000	25	298,581	-0,306
P259	6450.000	25	298,286	-0,295
P260	6475.000	25	297,982	-0,304
P261	6500.000	25	297,365	-0,617
P262	6525.000	25	297,166	-0,199
P263	6550.000	25	297,052	-0,114
P264	6575.000	25	296,688	-0,364
P265	6600.000	25	296,324	-0,364
P266	6625.000	25	296,001	-0,323
P267	6650.000	25	295,688	-0,313
P268	6675.000	25	295,389	-0,299

Chapitre 03 : Normes géométriques et données de base.

P269	6700.000	25	295,106	-0,283
P270	6725.000	25	294,824	-0,282
P271	6750.000	25	294,528	-0,296
P272	6775.000	25	294,177	-0,351
P273	6800.000	25	293,777	-0,4
P274	6825.000	25	293,674	-0,103
P275	6850.000	25	293,911	0,237
P276	6875.000	25	294,288	0,377
P277	6900.000	25	294,184	-0,104
P278	6925.000	25	294,258	0,074
P279	6950.000	25	294,235	-0,023
P280	6975.000	25	294,2	-0,035
P281	7000.000	25	294,175	-0,025
P282	7025.000	25	294,175	0
P283	7050.000	25	294,253	0,078
P284	7075.000	25	294,322	0,069
P285	7100.000	25	294,539	0,217
P286	7125.000	25	294,767	0,228
P287	7150.000	25	295,003	0,236
P288	7175.000	25	295,159	0,156
P289	7200.000	25	295,31	0,151
P290	7225.000	25	295,458	0,148
P291	7250.000	25	295,593	0,135
P292	7275.000	25	295,711	0,118
P293	7300.000	25	295,808	0,097
P294	7325.000	25	295,907	0,099
P295	7350.000	25	296,031	0,124
P296	7375.000	25	296,213	0,182
P297	7400.000	25	296,38	0,167
P298	7425.000	25	296,472	0,092
P299	7450.000	25	296,561	0,089
P300	7475.000	25	296,67	0,109
P301	7500.000	25	296,8	0,13
P302	7525.000	25	296,931	0,131
P303	7550.000	25	297,055	0,124
P304	7575.000	25	297,184	0,129
P305	7600.000	25	297,339	0,155
P306	7625.000	25	297,508	0,169
P307	7650.000	25	297,698	0,19

P308	7675.000	25	298,34	0,642
P309	7700.000	25	298,008	-0,332
P310	7725.000	25	297,968	-0,04
P311	7750.000	25	297,817	-0,151
P312	7775.000	25	297,826	0,009
P313	7800.000	25	297,872	0,046
P314	7825.000	25	297,973	0,101
P315	7850.000	25	298,128	0,155
P316	7875.000	25	298,323	0,195
P317	7900.000	25	298,551	0,228
P318	7925.000	25	298,802	0,251
P319	7950.000	25	299,082	0,28
P320	7975.000	25	299,363	0,281
P321	8000.000	25	299,571	0,208
	$\Sigma =$	4000	$\Sigma =$	-4,608

Donc : $\left| \frac{H}{L} = \frac{-4,608}{4000} = -0,001152 \right|.$

Et par la suite : $D_c = 0,1\%$

Tableau 3-2 Détermination de la nature des terrains.

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

- Ce qui conduit à un terrain plat à partir du « tableau 3-2 »

3.5 La sinuosité.

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

La longueur sinueuse Ls est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

3.5.1 Calcul de la sinuosité.

$$\sigma = \frac{L_s}{L}$$

Avec :

- L_s : la somme des développées des rayons inférieurs ou égale à 200 m ($R \leq 200m$).
- L : la longueur totale de la route.

Remarque :

- $L_s=0$ si aucun rayon n'est inférieur à 200 m.

Dans le présent projet il n'existe aucun rayon inférieur à 200 m donc L_s dans notre cas est égal à zéro.

Tableau 3-3 Sinuosité.

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

Dans notre cas :

$L = 4000m.$

$L_s = 0.$


$\sigma = 0.$  Caractéristique d'une sinuosité faible « tableau3-3 ».

Tableau 3-4 Environnement de la route.

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

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Dans notre cas :

- Un terrain Plat.
- Une Sinuosité Faible.
- L'environnement de la route E1.

3.6 Catégorie de la route.

Selon la B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes) les routes sont classées en Cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives).

Les Cinq catégories de la route sont :

- **CAT 1** : Liaison entre les grands centres économiques.
- **CAT 2** : Liaison entre d'industrie de transformation et d'industrie légère.
- **CAT 3** : Liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïras non desservie par le réseau de CAT1 et CAT 2.
- **CAT 4** : Liaison des centres de vie non relie au réseau de CAT 1-2-3.
- **CAT 5** : Routes et pistes non comprises dans les CAT précédente.

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.

3.7 La vitesse de référence.

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route a circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de la route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc en fonction de (catégories, environnement).

Tableau 3-5 Vitesse de référence.

Environnement Catégorie	E1	E2	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	60-40	40

- Pour notre projet et après analyse des données il s'avère que $V_r = 80\text{km/h}$

CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC.

4.1 Introduction.

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds). Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

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

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

4.2 Analyse de trafics.

Pour connaître en un point le volume et la nature du trafic, il faut procéder à un comptage. Ce dernier nécessite une logistique et une organisation appropriée. Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, la détermination des dimensions à donner aux routes et à l'appréciation de l'utilité des travaux à engager. Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales
- Comptages sur routes (manuel, automatique)
- Enquêtes de circulation.

Lors des études de trafic, on distingue en fonction de l'origine et de la destination des véhicules les catégories suivantes :

- Trafic de Transit : Origine et destination en dehors de la zone étudiée, (ex : déviation).
- Trafic d'échange : Origine et destination sont à l'intérieur de la zone étudiée, l'autre à l'extérieur.
- Trafic Local : Interne qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.

4.3 Mesure des trafics.

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Les comptages
- Les enquêtes

4.3.1 Les comptages.

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

4.3.1.1 Les comptages manuels.

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

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

4.3.1.2 Les comptages automatiques.

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

Les comptages permanents : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

Les comptages temporaires : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

4.3.2 Les enquêtes.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes.

4.3.2.1 Les Enquêtes Origine Destination.

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

4.3.2.2 Les Enquêtes papillons ou distributions.

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons et sont différents à chaque entrée un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

Les avantages de la méthode : sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode : c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

4.3.2.3 Relevé des plaques minéralogiques.

On relève, par enregistrement sur un magnétophone en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres) la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation par contre le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

4.3.2.4 Interview des conducteurs.

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

4.3.2.5 Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage.

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

4.4 Différents types de trafic.

- A. Trafic normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau.
- B. Trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- C. Trafic total :** C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

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

4.5 Modèles de présentation de trafic.

Dans l'étude des projections des trafics la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes en matière d'évolution ou d'affectation. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le Futur sont :

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

4.5.1 *Prolongation de l'évolution passée.*

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

$$T_n = T_0(1 + \tau)^n$$

Où :

T_0 : est le trafic à l'arrivée pour origine.

τ : est le taux de croissance.

4.5.2 *Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.*

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

- Produit nationale brute (PNB).
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que

Cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude.

4.5.3 *Modèle gravitaire.*

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

4.5.4 *Modèle de facteurs croissance.*

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine-destination.

La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

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

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

4.6 Calcul de la capacité.

4.6.1 *Définition de la capacité.*

La capacité et le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

- Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).

- Des conditions météorologiques.
- 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).

4.6.2 La procédure de détermination du nombre de voies.

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

4.6.2.1 Calcul de TJMA horizon.

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

$$TJMA_{\text{horizon}} = (1 + \tau)^n \times TJMA_{\text{service}}$$

Avec :

TJMA horizon : le trafic à l'année horizon.

$TJMA_{\text{service}}$: Trafic journalier moyen à l'année de mise en service.

τ : taux d'accroissement annuel (%)

N : nombre d'année à partir de l'année de mise en service.

4.6.2.2 Calcul des trafics effectifs.

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (u.v.p), en fonction de type de route et de l'environnement Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (u.v.p).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + p.z] TJMA_{\text{horizon}}$$

Avec :

Teff : Trafic effectif à l'année horizon en (u.v.p/j).

Z : Pourcentage de poids lourd.

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

La présence des véhicules poids lourds réduit le débit des routes ainsi l'encombrement des poids lourds est évalué comme P véhicules particulière, P variant et sa valeur est associée à la nature topographique du terrain et le nombre des voies d'une route. Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau 4-1 Valeurs du coefficient P.

Routes	E1 (Plaine)	E2 (Vallonnée)	E3 (Montagneuse)
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies	2	4	8

4.6.2.3 Débit de pointe horaire normal.

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

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

Avec :

Q : Débit de pointe horaire [uvp/h]

n : Nombre d'heure, (en général n=8 heures) d'après le B40 on prend (1/n)=0.12 .

Teff : Trafic effectif.

4.6.2.4 Débit horaire admissible.

On détermine le débit horaire admissible :

$$Q_{adm} = K1. K2. Cth$$

C : capacité effective du profil en travers en régime stable par UVP/h.

K1 : coefficient dépendant de l'environnement.

K2 : coefficient réducteur de capacité traduisant la déférence entre caractéristiques réelles et idéales de circulation.

Tableau 4-2 Valeur de K1.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau 4-3 Valeur de K2.

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

4.7 La capacité théorique.

La capacité d'une route dépend de la largeur de la voie et l'accotement et elle est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 4-4 La capacité théorique.

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 u.v.p/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 u.v.p/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 u.v.p/h

4.8 Calcule nombre de voies

Cas d'une chaussée bidirectionnel

On compare « d » et « Q » et on choisit le type de la route dont le débit : $Q_{adm} \leq Q$

Cas d'une chaussée unidirectionnelle

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : $N = S.d / Q_{adm}$

Avec :

S : coefficient de dissymétrie (généralement égal à 2/3).

d : débit à l'année d'horizon

Q_{adm} : débit admissible par voie

4.9 Application au projet.

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

Tamanrasset et qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année de compactage 2018 TMJA = 7000 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 $Z = 40\%$
- L'année de mise en service sera en 2021

- Environnement (E1) - Catégorie (CAT1).
- La durée de vie estimée à 20 ans.

4.9.1 Projection future du projet.

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

$$TJMA_{2021} = (1 + 0.05)^3 \times 7000$$

$$TJMA_{2021} = 8103 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2041} = (1 + 0.05)^{20} \times 8103$$

$$TJMA_{2041} = 21500 \text{ v/j}$$

4.9.2 Trafic Effectif.

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + p.z] \times TJMA_h$$

- Année de mise en service

$$T_{\text{eff}2021} = [(1-0.4) + 3 \times 0.4] \times 8103$$

$$T_{\text{eff}2021} = 14585.4 \text{ uvp/j}$$

- Année horizon

$$T_{\text{eff}2041} = [(1-0.4) + 3 \times 0.4] \times 21500$$

$$T_{\text{eff}2041} = 38700 \text{ uvp/j}$$

4.9.3 Débit de point horaire normale.

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

- $Q_{2021} = 0.12 \times 14585.4$
- $Q_{2021} = 1750.24$
- $Q_{2041} = 0.12 \times 38700$
- $Q_{2041} = 4644 \text{ uvp/h}$

4.9.4 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).

- $Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 2000$

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

4.9.5 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

$$N = (2/3) \times (4644/1500)$$

$$N = 2.06 = \mathbf{2 \text{ voies /sens.}}$$

4.9.6 Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies.

- $Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$
- $Q_{saturation} = 4 \times 1500 = 6000$ uvp/h
- $n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q})}{\ln(1+\tau)} = \frac{\ln(\frac{6000}{1500})}{\ln(1+0.05)}$
- $n = 29 \text{ans}$

D'où notre route sera saturée dans 29 ans après la mise en service donc l'année de

Saturation est 2050

Tableau 4-5 Tableau récapitulatif des résultats.

$TJMA_{2021}$	8103
$TJMA_{2041}$	21500
$T_{eff2021}$	14585.4
$T_{eff2041}$	38700
Q_{2021}	1750.24
Q_{2041}	4644
Q_{adm}	1500
Q_{sat}	6000
N	2 voies

4.10 Conclusion.

La capacité théorique est de : 2000 uvp/h, donc selon la norme B40 notre route sera bidirectionnelle (2×2voies) de 8m de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de 2.00 m de chaque côté droit et d'un TPC de 4 m

CHAPITRE 05 : PARAMETRE CINEMATIQUE.

5.1 Introduction.

L'étude cinématique, sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules sur la route, ces paramètres déterminent les caractéristiques nécessaires au tracé du projet. Elle a pour but de déterminer les paramètres cinématiques nécessaires à l'évaluation de la visibilité qui conditionne le comportement de l'utilisateur sur la route.

5.2 Distance de freinage.

Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl} \pm e)}$$

En palier : $d_0 = 0.004 \times \frac{V_r^2}{g \times f_l}$

En rampe : $d_0 = 0.004 \times \frac{V_r^2}{g \times (f_l + e)}$

En pente : $d_0 = 0.004 \times \frac{V_r^2}{g \times (f_l -)}$

Avec :

FL : Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

Le coefficient de frottement longitudinal f varie avec l'état des pneus de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

V_r : vitesse de référence en Km/h.

E : déclivité.

Tableau 5-1 Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

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

- **Pour notre projet on a fl = 0.39.**

5.3 Temps de réaction.

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

Dans une attention concentrée :

- $t = 1.2$ s pour un obstacle imprévisible
- $t = 0.6$ s pour un obstacle prévisible

On prend $t = 1.8$ s par rapport à la catégorie et la vitesse

Tableau 5-2 Les valeurs du temps de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr.

Cat ENV	Cat 1-2		Cat 3-4-5	
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

$$d1 = v \times t$$

Avec :

v : m/s

t : s

5.4 Distance d'arrêt

La distance parcourue par le conducteur entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de distance d'arrêt (d)

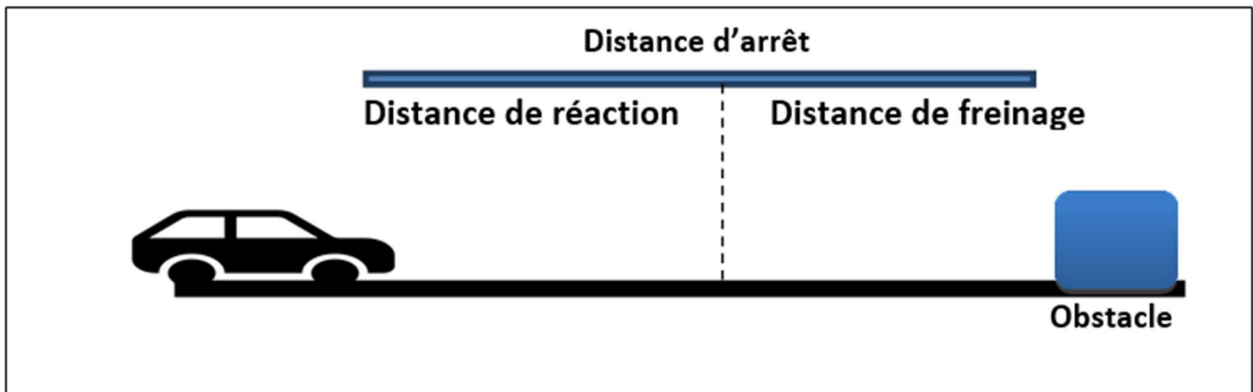


Figure 5-1 La distance d'arrêt.

-En alignement droit

Pour $V_r > 80$ Km/h et quand $t = 1.8$ s $\Rightarrow d = d_0 + 0.50v_r$

Pour $V_r < 80$ Km/h et quand $t = 2$ s $\Rightarrow d = d_0 + 0.55v_r$

-En courbe

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergétique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

Tableau 5-3 Lois de distance d'arrêt

T(s)	Nature de route	Alignement droit	courbe
1.8		$D1=d_0+0.50v$	$D1=1.25d_0+0.50v$
2		$D1=d_0+0.55v$	$D1=1.25d_0+0.55v$

Avec :

D1 : distance d'arrêt

D0 : distance de freinage

V : vitesse (km/h)

5.5 Manœuvre de dépassement.

dvdm : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

dvdN : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

Tableau 5-4 Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.

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

D'après le tableau des normes de laB40, on tire les valeurs de dvdm, dvdn et dmd en fonction de la vitesse.

5.6 Espacement entre deux véhicules

L'espacement entre deux véhicules : est une notion. Il s'agit de la distance qu'un conducteur doit conserver entre son véhicule et celui qui le précède, celle-ci dépend directement de la vitesse du véhicule. Elle correspond à la distance parcourue pendant deux secondes, durée supérieure au temps de réaction : ainsi si les deux véhicules ont la même capacité de freinage il n'y aura pas de collision.

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

5.7 Application au projet.

5.7.1 Distance de freinage.

Pour notre projet on a fl : 0.39

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

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39)} = 65.64\text{m}$$

➤ En rampe : e = 0.052

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39+0.052)} = 57.91\text{m}$$

➤ En pente : e = -0.052

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39-0.052)} = 75.73\text{m}.$$

5.7.2 Distance d'arrêt.

En alignement droit :

On a Vr=80km/h et t=2s avec

$$d = d_0 + 0.55v_r$$

➤ En palier : = 65.64 + (0.55×80) = 109.64 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 :

$$d = 1.25d_0 + 0.55v$$

➤ 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 : $d = 1.25 \times 75.73 + (0.55 \times 80) = 138.66 \text{ m}$

• **Dvdm** = 320 m.

• **dvdN** = 480m.

• **dmd** = 200 m.

5.7.3 Espacement entre véhicules.

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

$$E = 8 + 0.2 \times 80 + 0.003 \times 80^2 = 43 \text{ m}$$

CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN.

6.1 Introduction.

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites raccordés par arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit en fonction de la catégorie de route à fixer des rayons minimaux

Cependant l'utilisation fréquente ou systématique de grands rayons de courbure peut se révéler néfaste en aboutissant à une limitation des possibilités de dépassement sûr, et en encourageant les usagers à pratiquer une vitesse continûment élevée.

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

6.2 La vitesse de projet.

Lors de l'étude d'un tracé, la vitesse intervient de façon déterminante dans le choix des différents éléments géotechniques qui le composent. C'est le critère de base de tout un projet routier. Ce paramètre a une influence primordiale sur l'économie globale de l'investissement, son taux d'utilisation, la sécurité et le confort des usagers et les nuisances pour les riverains. La normalisation des conditions techniques d'aménagement, s'appuie essentiellement sur la vitesse de référence.

La vitesse de référence c'est la vitesse d'un véhicule isolé permettant de définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers d'une section de route pour lesquels les contraintes géométriques sont les plus astreignantes pour l'utilisateur. Cette vitesse choisie en tenant compte des critères suivants :

- Caractéristiques topographiques
- Importance de la route dans le réseau

- Condition économique
- Volume et structuration du trafic

6.3 Paramètres fondamentaux (B40).

Pour le cas de notre projet d'après les normes la route à aménager on opte pour une vitesse de référence de 80 km/h qui correspond à la catégorie 2 selon la norme établie par l'IC-TAAL 2000.

6.4 Règles à respecter dans le trace en plan.

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

6.5 Les éléments du tracé en plan.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement(CR) de courbures progressives (clothoïdes).

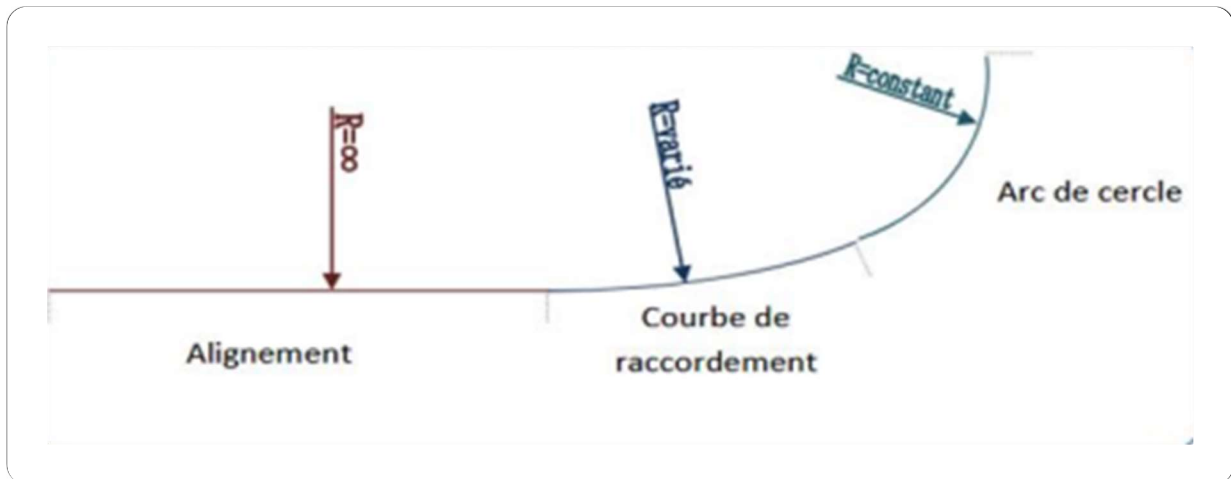


Figure 6-1 Élément du tracé en plan.

6.5.1 Alignements droit.

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet. La longueur maximale l_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant (60) secondes.

$$l_{min} = 5v$$

$$l_{max} = 60v$$

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers

Suivants :

- 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.

6.5.2 Les arcs de cercle.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures

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

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

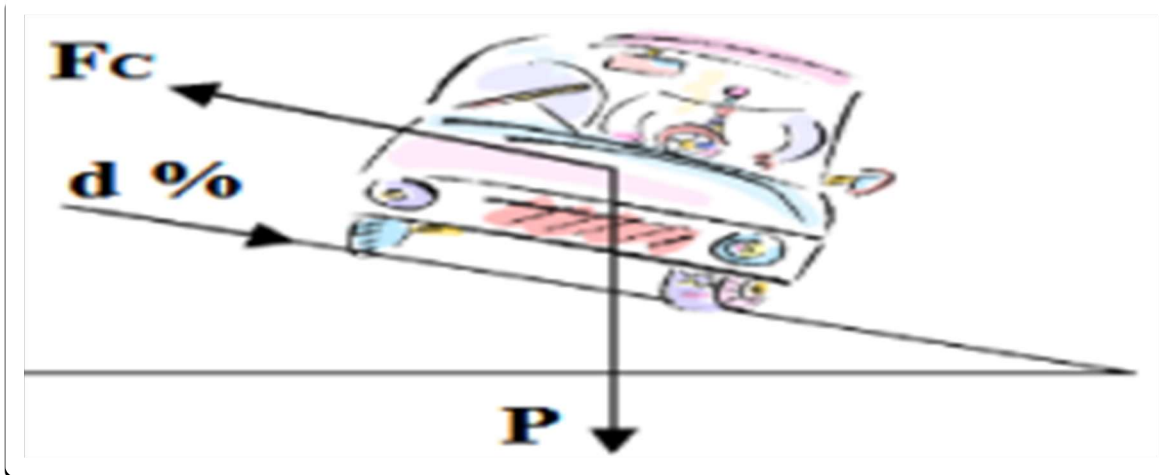


Figure 6-2 l'effet de la force centrifuge.

Remarque

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
- Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux. Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).
- Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RH_m avec

Tableau 6-1 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%	7%
- Cat 5	9%	9%	9%

6.6 Courbes en plan.

6.6.1 *Le rayon minimal absolu RHM.*

C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers maximal et parcourue par la vitesse de référence

$$RH_m = \frac{v^2}{127(f + d)}$$

6.6.2 *Le rayon minimal normal RHN.*

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(d + ft)}$$

6.6.3 *Le rayon au dévers minimal RHd.*

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

Dévers associé

$$RH_d = \frac{vr^2}{127(2 \cdot d_{min})}$$

dmin = 2.5% en catégorie 1 – 2

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3– 4

6.6.4 *Le rayon non déversé RHnd.*

C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhicule roulant à la vitesse $V = V_r$ et présente un dévers vers l'extérieur.

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

6.6.5 *Détermination des dévers dmax et dmin.*

Tableau 6-2 Dévers.

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
Dmin	-2.50%	-2.50%	-3%	-3%	-4%
Dmax	7%	7%	8%	8%	9%

6.6.6 *Détermination du coefficient transversal ft.*

Tableau 6-3 Détermination du coefficient transversal ft.

Vr	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.22	0.16	0.13	0.11	0.1	0.1
Cat 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	/

6.6.7 *Détermination du coefficient f'' en fonction de la catégorie.*

Tableau 6-4 Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie.

Catégories	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F ''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau 6-5 Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques

Vitesse réf	80 km/h
dmax	7%
dmin	-2.50%
d=dmax-2%	5%
Ft	0.13
F "	0.06

6.6.8 Rayons en plan d'après les normes B40.

Tableau 6-6 Les rayons en plan selon B40

RHm =	250,00m	RHn =	400,00m	RHd =	1000,00m	RHnd =	1500
D(RHm)=	7,0%	D(RHN)=	5.0%	D(RHd)=	2,5%	d(RHnd)=	-2.5%

$$RH_m = \frac{v_r^2}{127(d+ft)} \longrightarrow RH_m = \frac{80^2}{127(0.07+0.13)} = 251.69 \text{ m}$$

$$RH_n = \frac{(v_r+20)^2}{127(d+ft)} \longrightarrow RH_n = \frac{(80+20)^2}{127(0.05+0.13)} = 437.44 \text{ m}$$

$$RH_d = \frac{v_r^2}{127.2.dmin} \longrightarrow RH_d = \frac{80^2}{127.2 \cdot 0.025} = 1007.87 \text{ m}$$

$$RH_{nd} = \frac{v_r^2}{127.(f''-dmin)} \longrightarrow RH_{nd} = \frac{80^2}{127(0.06-0.025)} = 1439.82 \text{ m}$$

On remarque que les valeurs calculées correspondent réellement aux valeurs du tableau (normes B40).

6.6.9 Visibilité en courbe.

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

6.6.10 Sur largeur.

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement

Égale à : $S = 50 / R$

Avec :

R : rayon de l'axe de la route.

6.7 Courbes de raccordements.

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- 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.

6.7.1 Clothoïde.

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

6.7.2 Expression mathématique de la Clothoïde.

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

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

6.7.3 Elément de la Clothoïde.

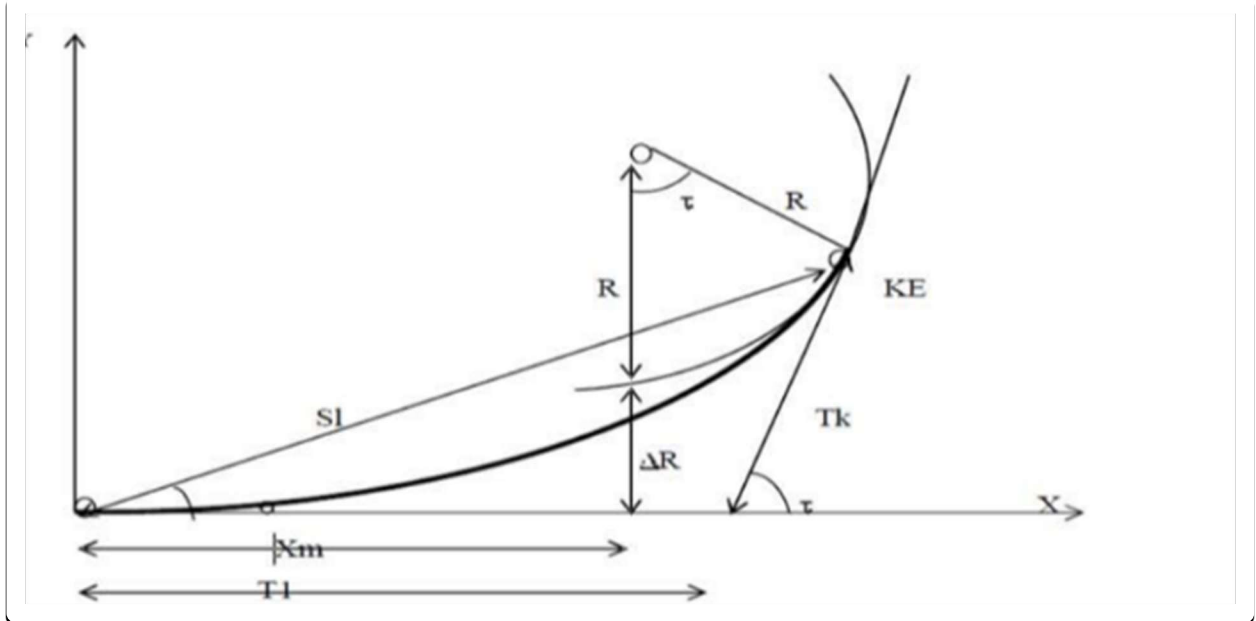


Figure 6-3 La Clothoïde

Avec :

R : rayon du cercle. KA: origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

ΔR : 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 Xm.

Xm: 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.

6.7.4 Longueur de la Clothoïde

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

6.7.4.1 Condition d'optique.

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

$$\tau \geq 3^a \text{ Soit } \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rads}$$

$$\tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rads} \longrightarrow L > \frac{R}{9}$$

soit

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

Règle générales (B40)

$$R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } \mathbf{0.5\text{m}})$$

$$L = \sqrt{24R \Delta R}$$

$$R \leq 1500\text{m} \leq 5000\text{m}$$

$$L \geq \frac{R}{9}$$

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5\text{m}.$$

$$L = 7.75\sqrt{R}.$$

6.7.4.2 Condition de gauchissement.

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L \geq I \Delta d \times V_B$$

Avec :

L : longueur de raccordement.

I : Largeur de la chaussée.

Δd : Variation de dévers.

6.7.4.3 Condition de confort dynamique.

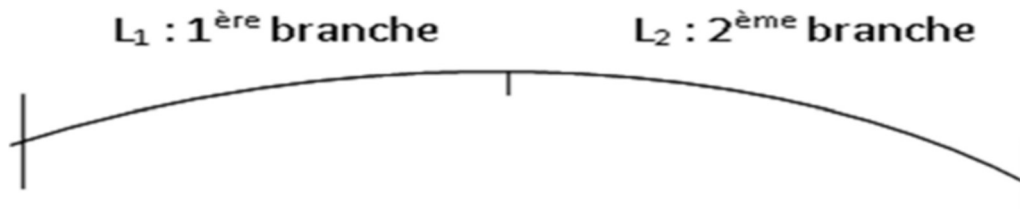
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours t du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

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

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

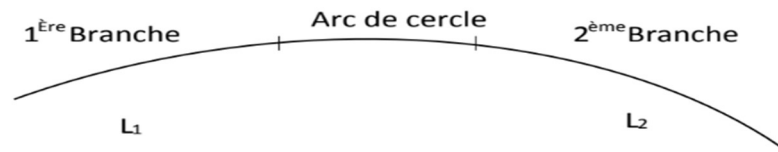
6.7.4.4 Vérification de non chevauchement.

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



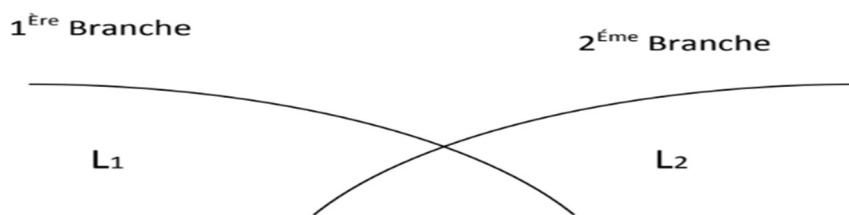
6.7.4.5 Clothoïde avec arc de cercle.

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



6.7.4.6 Clothoïde avec arc de cercle.

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



6.8 Clothilde impossible.

Pour résoudre le problème, il faut jouer avec les 2 inconnues L et R et comme L est limitée par les 3 conditions précédentes (condition d'optique, de gauchissement et de confort dynamique).

La seule solution est d'augmenter le rayon R.

6.9 Carrefour

6.9.1 Définition d'un carrefour

Les carrefours nœuds de la maille urbaine sont les véritables déterminants de la capacité d'une voie ils se révèlent être en règle générale les régulateurs des débits de circulation en ville. Un carrefour est le croisement de deux ou plusieurs routes ou se rencontrent des courants de circulation faisant entre eux un angle sensible. On distingue deux types de carrefours : Carrefours à niveau ou carrefours plans dans lesquels il n'existe aucune dénivellation de courants. Carrefours dénivelés ou carrefours à niveaux séparés dans lesquels certains sont dénivelés. On appelle courant de circulation l'ensemble des véhicules qui vont d'une direction d'entrée à une direction de sortie.

6.9.2 Caractéristique des carrefours

Les carrefours sont caractérisés par les éléments suivants :

- Types de route à relier.
- Nombre de branches à relier (courants de circulation, nombre des voies).
- Nombre de niveau de circulation.
- Trafic de chaque itinéraire.
- Genre de régulation du trafic (régime de priorité).
- Implantation en zone urbaine ou rurale.
- Présence de transports en commun

6.9.3 Principes généraux d'aménagement des carrefours

Seules les principales règles d'aménagement sont rappelées ici pour cela il est important de respecter les principes suivants :

- Ecoulement aussi fluide que possible des courants de circulation.
- Séparation aussi efficace que possible des courants de circulation par des signaux lumineux par des ilots séparateurs ou des voies de présélection.
- Visibilité suffisante à l'approche et dans les zones mémés des carrefours.
- Configuration géométrique du carrefour simple à comprendre.
- Eléments géométrique adaptés aux caractéristiques dynamiques des véhicules

6.9.4 Classements des carrefours

a) Carrefour en T

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est à peu près dans le prolongement d'une autre branche et dont la troisième coupe, ce prolongement sous un angle compris entre 75 et 105°.



Figure 6-4 Carrefour en T.

b) Carrefour en Y

Il s'agit d'un carrefour à trois branches dont l'une de ces branches est dans le prolongement d'une autre et dont la troisième branche coupe.

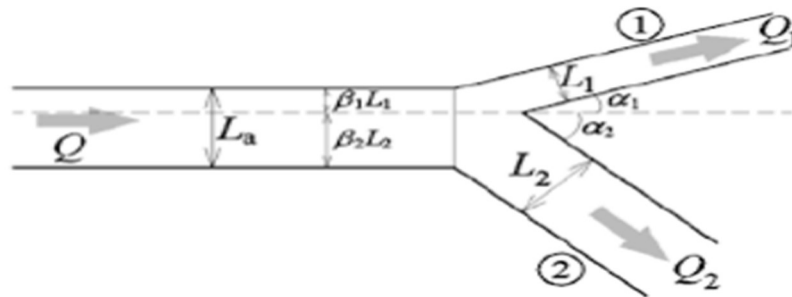


Figure 6-5 Carrefour en Y.

c) Carrefour en croix simple X

Il s'agit d'un carrefour à quatre branches dont deux de ces branches sont à peu près dans le prolongement des deux autres branches.

d) Carrefour à branches multiples

Un carrefour à branches multiples est un carrefour à cinq branches ou plus

e) Carrefour giratoire

6.9.5 Carrefour giratoire

6.9.5.1 Définition du carrefour giratoire

Un carrefour giratoire est une intersection ou un croisement routier, rependant aux deux conditions suivantes :

Comporter un terre-plein central, matériellement infranchissable, ceinturée par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur la quelle débouche différentes routes être annoncé par une signalisation spécifique.

Un giratoire peut avoir plusieurs configurations il est dit :

- Simple, lorsque tous les courants empruntent la chaussée annulaire.
- Traversé, lorsque certains courants directs coupent le dispositif.
- Dénivelé, lorsque l'un au moins des courants le traverse à niveau séparé.

6.9.5.2 Principes généraux des carrefours giratoires.

Les études des différents types d'accidents observés dans les carrefours giratoires et des éléments qui les ont favorisés conduisent à un certain nombre de recommandations et règles de base.

Un giratoire est avant tout un carrefour, point de rencontre de plusieurs routes donc au moins trois voies arrivent et/ou sortent du carrefour. Il n'y a pas de limite supérieure cependant les giratoires à plus de six branches sont rares.

Notons au passage que le rond-point à priorité à l'anneau est généralement la meilleure solution dans des carrefours complexes de plus de quatre branches.

6.9.5.3 Perception d'un carrefour giratoire.

Un carrefour giratoire doit être perçu et identifié comme tel par tous les usagers qui vont l'aborder, de jour et surtout de nuit.

Le niveau de perception d'un giratoire dépend à la fois de la signalisation, des îlots séparateurs, de l'aménagement de l'îlot central et des abords, de l'éclairage et surtout de la cohérence des aménagements dans la séquence d'approche.

6.9.5.4 Lisibilité

Comme tout carrefour, le giratoire doit être lisible, c'est-à-dire compréhensible rapidement et sans ambiguïté par les usagers. Ce critère de lisibilité induit une grande simplicité de l'aménagement pour qu'il soit compris facilement par tous, en particulier des « non habitués ».

La forme, la disposition des branches, le nombre et l'affectation des voies ne doivent pas conduire à des interprétations différentes.

Par exemple, la création d'une voie directe tourne à droite n'est à envisager que si elle est indispensable et réalisable sans prêter à confusion. De même, un double giratoire est lisible si les deux circonférences sont séparées d'une distance d'au moins 5 mètres.

6.9.5.5 Visibilité

Les usagers que vont entrer dans le giratoire doivent céder la priorité à ceux qui sont engagés sur l'anneau, ils doivent pouvoir identifier les véhicules prioritaires à la ligne « cédez le passage ».

Le strict nécessaire est de dégager la visibilité sur le quart gauche de l'anneau, à 10 m de l'entrée

La visibilité doit aussi être assurée en périphérie de l'îlot centrale en conservant une bande de 2 m dégagée de tout masque. Ce principe permet également de dégager un triangle de visibilité régulier pour les usagers qui circulent dans la partie intérieure de l'anneau.

6.9.5.6 Capacité d'un carrefour giratoire.

La capacité est un paramètre technique qui reflète le niveau de service assuré par le carrefour du point de vue de la seule prise en compte du nombre de véhicules à gérer au droit de l'aménagement.

6.10 Application de projet :

Nous avons choisi un carrefour giratoire pour notre projet pour assurer la sécurité des conducteurs.

6.10.1 Disposition générale :

Un carrefour giratoire peut avoir 3 à 6 branches réparties autour de l'anneau avec des axes dirigés vers le centre

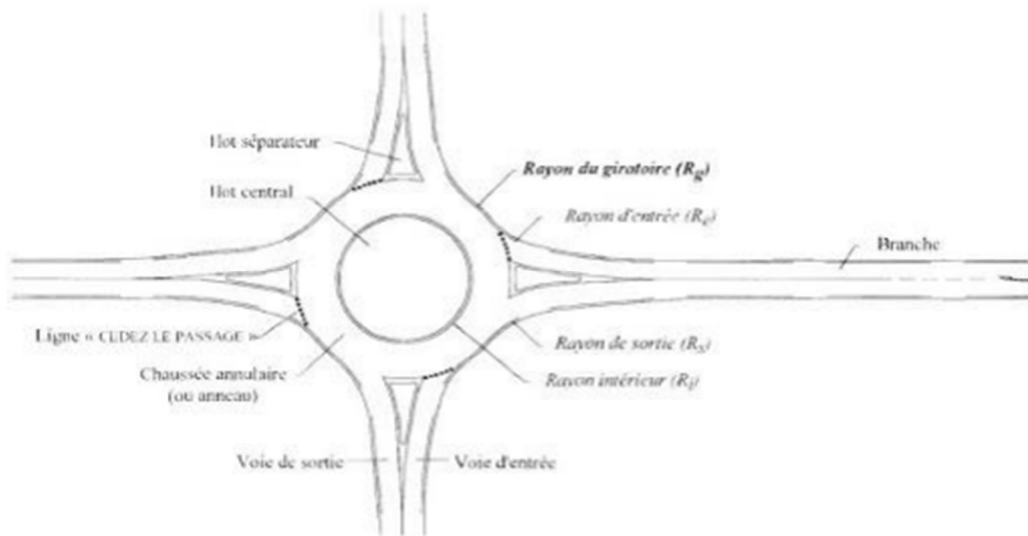


Figure 6-6 Schéma type d'un carrefour giratoire à 4 branches.

- Sur les routes existantes, un minimum de 150 m d'alignement (200 m pour entrer 2*2 voies) est nécessaire.
- Le panneau de signalisation directionnelle identifiant le carrefour doit être bien visible placé à au moins 250 m du giratoire.
- Les éléments du giratoire doivent être visibles à 150 m la géométrie du giratoire doit être lisible l'utilisateur doit reconnaître rapidement les différents éléments qui le constituent.
- La déclivité est limitée à 3% si le carrefour est situé dans une pente ou au point bas du profil en long des routes concernées.
- Un rayon extérieur de l'anneau $R_G \geq 15m$ permet une giration aisée pour le pl.

6.10.2 Caractéristiques géométriques d'un carrefour giratoire

Les études des différents types d'accidents observés dans les carrefours giratoires et des éléments qui les ont favorisés à certains nombres de recommandations techniques qui s'appliquent principalement en rase campagne et en zone périurbaine. Les contraintes du bâti ne les permettent pas toujours en ville

Donc, la conception d'un carrefour giratoire en milieu urbain n'est pas liée à des règles strictes mais, doit répondre à un certain nombre de critères

- S'intégrer dans l'environnement
- Servir à la mise en valeur du site
- S'inscrire dans l'emprise disponible
- Etre adaptée aux trafics et à leur gestion
- Etre facilement compréhensible par tous
- Assurer de bonnes conditions de sécurité
- Permettre tous les mouvements des poids lourds
- Ne pas perturber les lignes de transports en commun
- Ne pas défavoriser les piétons et les cyclistes

Tableau 6-7 la géométrie de l'anneau 1

Coordonnées	X=0751452.8725 m Y=2526997.0732 m
Rayon extérieure	25.000 m
Rayon intérieure	15.000 m
Largeur d'anneau	10.00 m
Surlangue franchissable	0.000 m
Distance marquage extérieure	0.500 m
Distance marquage intérieure	0.500 m

Tableau 6-8 la géométrie de l'anneau 2.

Coordonnées	X=0749856.8916 m Y=2526777.4293 m
Rayon extérieure	20.000m
Rayon intérieure	11.000m
Largeur d'anneau	9.00m
Surlangue franchissable	0.000 m
Distance marquage extérieure	0.500 m
Distance marquage intérieure	0.500 m

CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG.

7.1 Définition.

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical contenant l'axe du tracé. Il détermine la configuration du terrain au droit de l'axe de la route caractérisé par des droites (pente, rampe), courbe horizontal ou incliné et paliers rigoureusement droits.

Le profil en long est l'un des facteurs principaux qui interviennent dans l'économie de déclivité maximale et autres caractéristiques techniques, il conditionne le degré ainsi que le volume de terrassement aussi bien que le cout de réalisation de la construction.

Pratiquement, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel (ligne noire).
- L'altitude du projet (ligne rouge).

7.2 Règles à respecter dans le trace du profil en Long.

- Parmi les règles à tenir en compte on peut citer :
- Assurer la coordination entre tracé en plan et profil en long.
- Respecter la valeur maximale et minimale des pentes et rampes.
- Assurer l'écoulement et l'évacuation des eaux de ruissellement de la chaussée tout le long du tracé.
- Rechercher un équilibre entre le volume des déblais et remblais.
- Eviter les angles aux rentrant pour raison de stagnation des eaux.
- Eviter les hauteurs excessives de remblai.
- Assurer la visibilité de dépassement.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- Doit suivre autant que possible le terrain naturel en léger remblai.

7.3 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge.

La ligne rouge a une influence sur le cout de la réalisation du projet, pour cela nous avons essayé de respecter :

- Les rayons préconisés par les règlements actuels.
- Les déclivités (ne pas dépasser la valeur maximale).
- Eviter les angles rentrants en déblais (problèmes de stagnation des eaux).
- Assurer si possible une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Le profil en long nous donne une idée sur la forme du terrain naturel qui nous permet de choisir la ligne du projet de façon à tenir compte du passage impératif en déblai dans les pentes.
- Equilibrer les surfaces remblai et déblai et éviter les grands terrassements.
- Assurer une bonne visibilité ;
- Assurer un confort dynamique pour l'utilisateur ;
- Permettre l'évacuation des eaux en prenant des déclivités supérieures ou égales à 0.5%.

7.4 Eléments de composition du profil en long.

Le profil en long est constitué d'une succession de segment de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude de la ligne du projet
- La déclivité de la ligne du projet

7.5 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter les conditions :

- $R \text{ vertical} > 6 \times R \text{ horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

7.6 Déclivité.

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

7.6.1 Déclivité minimum.

Dans un terrain plat n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement a long de la route au bord de la chaussé.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins 0,5% et de préférences 1 %, si possible.
- $I_{\text{min}} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- $I_{\text{min}} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau

7.6.2 Déclivité maximum.

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m à cause de :

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max).

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.

- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Tableau 7-1 Valeur de déclivité maximale[NormesB40].

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Déclivité max (%)	8	7	6	5	4	4

Remarque : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant.
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 80Km/h, donc la déclivité maximale est de 6%.

7.7 Les raccordements en profil en long.

Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité. On distingue deux types raccordements :

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

7.7.1 Les raccordements en angle saillant (convexes).

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part. La conception des raccordements convexes doit satisfaire les conditions Suivantes :

- Condition de confort.

- Condition de visibilité.

7.7.1.1 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 :

Pour :

- Cat 1-2 $\xrightarrow{g/40}$ $Rv \min = 0.3 V_r^2$
- Cat 3-4-5 $\xrightarrow{g/30}$ $Rv \min = 0.23 V_r^2$
- $V_r^2/Rv < g/40$ $\xrightarrow{g=10m/s}$

Avec :

Rv : rayon vertical (m).

V_r : vitesse référence (Km/h).

7.7.1.2 Condition de visibilité.

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

$$RV = \frac{d_0^2}{2} (h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 \times h_1})$$

Avec :

D_0 : distance d'arrêt (m).

H_0 : hauteur de l'œil (m).

h_0 : hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$$h_0 = 1,1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

On trouve : $Rv = a \cdot d_1^2$; $a = 0,24$

Pour Cat 1-2 Rv = 0,24 d1

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes en fonction de la Vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnel et pour une vitesse de base Vb=80 (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

Tableau 7-2 Rayons convexes (angle saillant) [B40].

Rayon	symbole	valeur
Min-absolu	RVm1	2500
Min-normal	RVN1	6000
Dépassement	RVD	11 000

7.7.2 Raccordements concaves (angle rentrant).

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité diurne n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir

un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'v = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035 \times d_1)}$$

Tableau 7-3 Rayons concaves (angle rentrant) [B40].

Rayon	symbole	valeur
Min-absolu	R'Vm	2500
Min-normal	R'VN	3000
Dépassement	RVD	11 000

7.7.2.1 Condition esthétique.

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

Tableau 7-4 tableau récapitulatif

Catégorie	C2
Environnement	E1
Vitesse	80km/h
Rayan en angle Saillant Rv	Route bidirectionnel (2x2voies) Rvm1 (minimal absolu) = 2500 m Rvn1 (minimal normal) = 6000 m
Rayan en angle Rentrant Rv'	Route bidirectionnel (2x2voies) R'vm (minimal absolu) = 2500 m R'vn (minimal normal)= 3000 m
Déclivité maximale Imax%	06%
Hauteur de l'œil	1,1 m
Hauteur d'Obstacle	0.15m

7.8 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

$$x^2 - 2RY = 0 \longrightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$$

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).
- Donnée le rayon R.

7.8.1 Détermination de La position du point de rencontre (S).

On a:

$$z_{D'} = z_A + l \cdot P_2 \quad ; m = z_{A'} - z_A$$

$$z_{A'} = z_D + L \cdot p_1 \quad ; n = z_{D'} - z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{l-x} \quad x = \frac{ml}{m+n}$$

$$x_s = x + x_A$$

$$Z_S = p_1 \cdot x + z_A$$

7.8.2 Calculs de La tangente.

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

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

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right\}$$

$$F \left\{ \begin{array}{l} X_F = X_S - T \\ Z_F = Z_S - T \cdot P_2 \end{array} \right\}$$

7.8.3 Projection horizontale de la longueur de raccordement.

$$LR = 2T$$

7.8.4 Calcul de la flèche.

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

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

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_X = \frac{x^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + X_{P1} - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right\}$$

7.8.6 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T).

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

$$X_1 = RP_1 ; X_2 = RP_2J \quad X_J = X_E + RP_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_J = X_S + RP_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 \frac{X^2_1}{2R} \end{array} \right.$$

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

7.9 Exemple de calcul de profil en long rentrant.

7.9.1 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 :

$$T = \frac{Rv}{200} |P1 - P2|$$

$$T = \frac{9880.11}{200} |-0.66+0.18|$$

$$T = 23.71 \text{ m.}$$

La longueur L du raccordement verticale

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 23.71$$

$$L = 47.42 \text{ m}$$

➤ La flèche F

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

$$F = \frac{23.71^2}{2(9880.11)}$$

$$F = 0.028 \text{ m.}$$

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

Tableau 7-5 les valeurs de projet

Elément Sommet	P1% P2%	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons	T	L	F
S1	-0.66 -0.18	Rentrant	Même sens	9880.11	23.71	47.42	0.028
S2	0.18 0.21	Rentrant	Sens contraire	62245.01	121.38	242.76	0.12
S3	-0.23 -0.92	Saillant	Même Sens	7387.11	25.49	50.98	0.04
S4	-0.92 -0.04	Rentrant	Même sens	6005.01	26.42	52.84	0.06
S5	-0.08 0.77	Rentrant	Sens contraire	1810.79	6.25	12.5	0.010
S6	0.77 -1.68	Saillant	Sens contraire	2039.25	24.98	49.96	0.15
S7	-1.68 -1.06	Rentrant	Même sens	6225.74	19.30	38.6	0.03

Chapitre 8 : PROFIL EN TRAVERS.

8.1 Définition.

Le profil en travers d'une chaussée c'est la coupe perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler.

On comprend par le débit admissible le trafic prévisible à l'année de saturation, autrement dit : la capacité théorique calculée par un horizon voulu qui tient compte de l'évolution du trafic.

La plateforme des routes comprend : Les chaussées, les accotements latéraux est éventuellement un terre-plein central. Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du trafic actuel et prévisible dans de bonnes conditions de sécurité et de confort, et ainsi l'évacuation rapide des eaux de pluie.

8.2 Les éléments du profil en travers.

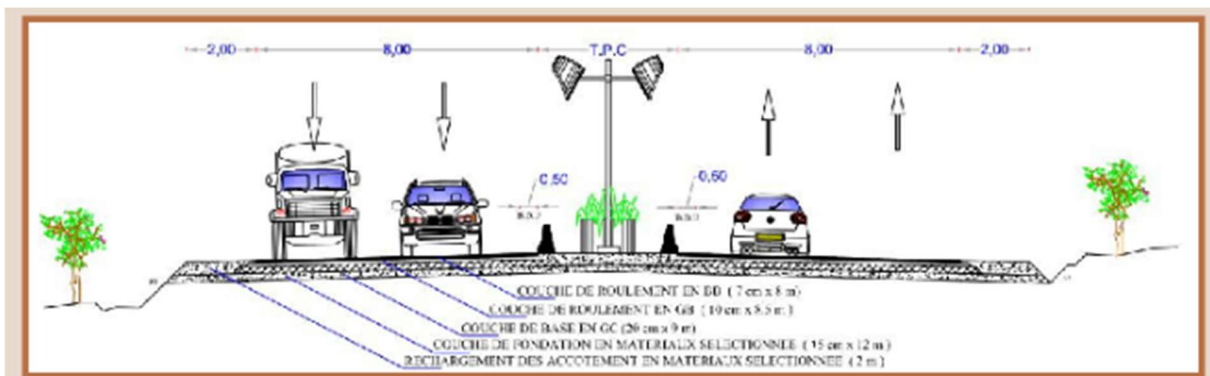


Figure 8-1 Eléments du profil en travers.

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

A. La chaussée :

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.

B. Les accotements :

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement. Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 1.5m.

C. 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.

D. L'assiette

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

E. L'emprise

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (Talus, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

F. Le talus

Le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que :

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

G. Le fossé

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

H. Le terre-plein central T.P.C

Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles revêtu et se raccorde à la chaussée.
- **Bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.

I. La largeur roulable

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

8.3 Différents types de profil.

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

A. Profil en travers type.

Est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la route notamment les dimensions de la route, ses dépendances la structure de chaussée, sa composante ainsi que les épaisseurs.

8.3.1 Profil en travers courant

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à distance de chaque 20 m. Il indique cote terrain naturel (TN), cote de projet, devers de la chaussée.

Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers :

Les profils en déblais, profils en remblais, et aussi les profils mixtes.

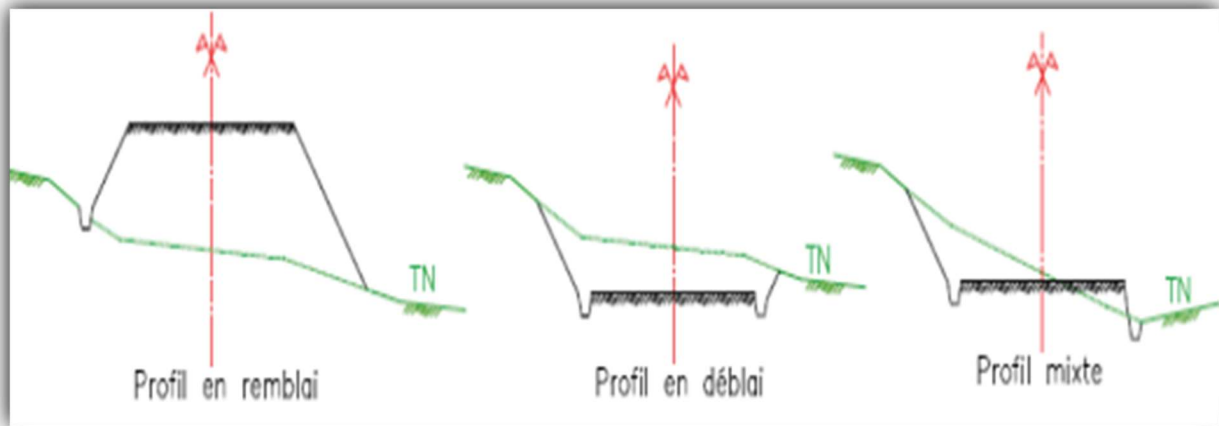


Figure 8-2 Différents types de profil en travers courant.

8.4 Application numérique au projet.

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle. Les éléments du profil en travers types sont comme

Suit :

Chaussée : $4 \times 2 = 08,00$ m.

Accotement : $2 \times 2 = 4,00$ m.

TPC = 4 m.

Chapitre 09 : LES CUBATURES.

9.1 Généralités.

Les cubatures de terrassement désignent la quantité de terre qui doit être déplacée lors de travaux de terrassement. Il s'agit d'une mesure importante dans le domaine de la construction, de l'urbanisme et des travaux publics car elle permet de déterminer la quantité de matériaux nécessaires pour la réalisation d'un projet.

Les cubatures de terrassement sont souvent exprimées en mètres cubes (m³) et sont calculées en mesurant la différence entre le volume initial de la terre et le volume final après les travaux. Cette mesure permet aux professionnels du terrassement de déterminer la quantité de terre qui doit être déplacée pour réaliser un projet, comme l'excavation de fondations, la construction de routes, de ponts ou de barrages, ou encore la mise en place de canalisations.

9.2 Définition.

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

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

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

9.3 Méthode de calcul des cubatures.

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul. Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

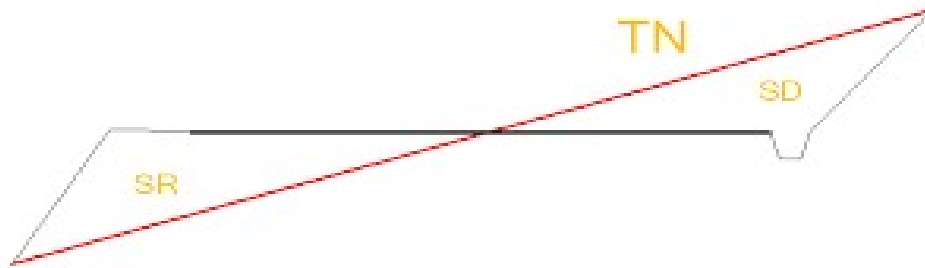


Figure 9-1 Volume remblais, déblais.

Avec :

TN : terrain naturel.

SR : surface remblais.

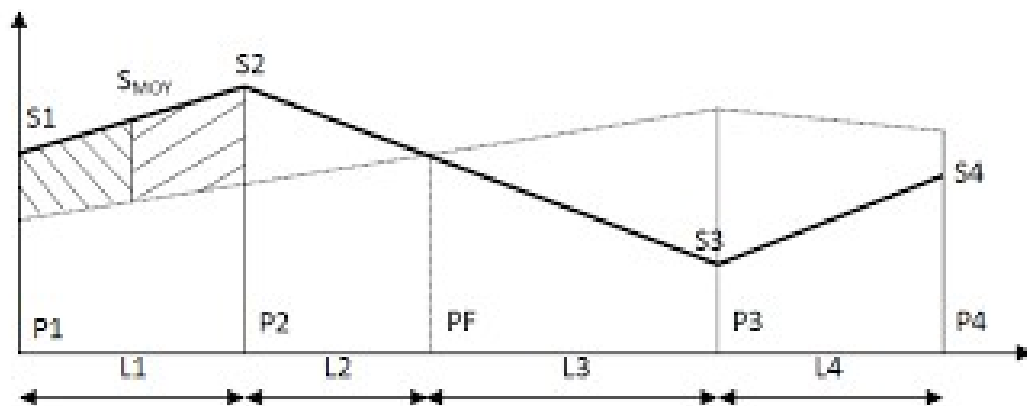
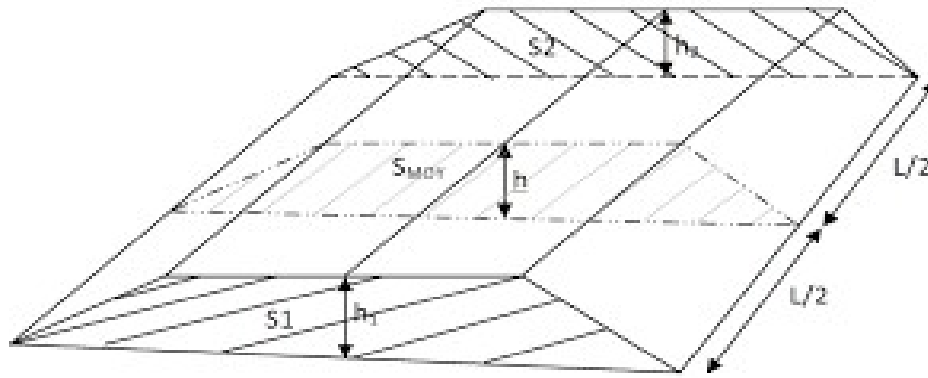
SD : surface déblais.

9.4 La méthode SARRAUS.

La méthode SARRAUS est une méthode de calcul des cubatures de terrassement qui est utilisée pour estimer la quantité de terre à déplacer lors de la construction de routes, de canaux, de digues, de terrains de sport, etc. Cette méthode est basée sur l'utilisation de prismes droits et elle est adaptée aux terrains présentant des pentes régulières.

La méthode SARRAUS consiste à diviser la section de terrain en plusieurs prismes droits de base trapézoïdale. La largeur de chaque trapèze est égale à la largeur de la section de terrain à cette hauteur, et la longueur de chaque trapèze est égale à la distance entre deux coupes transversales consécutives. La hauteur de chaque prisme est égale à la différence de niveau entre les deux coupes transversales.

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



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

Avec :

- **PF** : Profil fictive, surface nulle.
- **S1** : Surface de profil en travers P1.
- **L1** : Distance entre ces deux profils.
- **S_{Moy}** : Surface intermédiaire (surface parallèle et mi-distance L1).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et $(S_1+S_2) / 2$; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

- Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$.
- Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$.
- Entre Pf et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$.
- Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$.

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

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

9.5 Méthode de GULDEN.

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

9.6 Méthode linéaire.

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

9.7 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 totale de décapage = 96000 m².

Volume des déblais $V_D = 35914.011 \text{ m}^3$

Volume des remblais $V_R = 3434.606 \text{ m}^3$

Différence de volume (excès de déblais) : $V_R - V_D = 3434.606 - 35914.011 = -32479.405 \text{ m}^3$.

Chapitre 10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.

10.1 Généralités.

Le dimensionnement du corps de chaussée est l'étape de conception d'une chaussée qui consiste à déterminer les caractéristiques géométriques et structurelles des différentes couches qui constituent la chaussée. Il s'agit d'une étape cruciale pour s'assurer que la chaussée sera capable de supporter les charges du trafic, les variations climatiques et les conditions environnementales tout en assurant la sécurité des usagers.

Le dimensionnement du corps de chaussée doit prendre en compte plusieurs facteurs tels que la classification de la route, la nature du sol, la qualité des matériaux disponibles sur le site, la fréquence et le type de véhicules qui circuleront sur la chaussée, les conditions climatiques, la topographie et les normes et réglementations en vigueur dans la région où la chaussée sera construite.

Le résultat du dimensionnement du corps de chaussée est une épaisseur et une composition de différentes couches de matériaux, chacune ayant une fonction spécifique pour assurer la sécurité et la durabilité de la chaussée. Une fois la conception réalisée, des études de faisabilité et de coût doivent être effectuées pour choisir les matériaux les plus appropriés pour chaque couche et optimiser les coûts de construction et d'entretien à long terme.

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

10.1.1 De la charge des véhicules.

- La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6,5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).
- Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.

10.1.2 Des intempéries.

Les variations de la température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendrer aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

10.1.3 Des efforts tangentiels.

Lorsqu'un véhicule est en mouvement apparaissent des efforts horizontaux du fait :

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

10.2 La chaussée.

10.2.1 Au sens géométrique.

Au sens géométrique, la chaussée est la surface plane et horizontale de la route destinée à la circulation des véhicules, des piétons et des cyclistes. Elle est généralement délimitée par les bordures de la voie de circulation et est caractérisée par sa largeur, sa pente longitudinale et sa courbure.

La largeur de la chaussée dépend du nombre de voies de circulation, du type de véhicules qui l'empruntent et des contraintes environnementales. Elle est généralement comprise entre 3,5 mètres pour une voie de circulation et jusqu'à 30 mètres pour les autoroutes à plusieurs voies.

La pente longitudinale de la chaussée correspond à la déclivité de la route dans le sens longitudinal. Elle est conçue pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie et améliorer la visibilité des usagers de la route. La pente doit être suffisamment faible pour permettre une circulation fluide et éviter les risques d'aquaplaning.

La courbure de la chaussée correspond au rayon de la courbe dans le plan horizontal de la route. Elle est déterminée par les contraintes topographiques et la vitesse de circulation des véhicules. Une courbure trop prononcée peut causer des risques de dérapage et d'accident, tandis qu'une courbure trop faible peut augmenter la fatigue des conducteurs et des passagers.

10.2.2 *Au sens structurel.*

Au sens structurel, la chaussée est une structure de chaussée qui assure la résistance et la portance de la route. Elle est constituée de plusieurs couches de matériaux, chacune ayant une fonction spécifique. La couche supérieure est la surface de roulement, souvent recouverte d'un revêtement en asphalte ou en béton. Les couches inférieures sont conçues pour assurer la stabilité et la portance de la chaussée, la répartition des charges et le drainage des eaux de pluie.

10.2.2.1 *Couche de surface.*

Elle composée de la couche de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est de :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

10.2.2.2 *Couche de base.*

La couche de base est une des couches qui composent la structure de la chaussée. Elle est située sous les couches de forme et est destinée à assurer la portance de la chaussée en répartissant les charges de manière uniforme sur toute la surface de la route.

La couche de base est généralement constituée de matériaux granulaires, tels que le gravier, le sable ou le concassé, et peut avoir une épaisseur variant de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres en fonction des contraintes de la circulation et des caractéristiques du sol.

La couche de base a pour rôle de supporter les charges de circulation, de résister aux déformations de la chaussée et de distribuer les contraintes verticales sur toute la surface de la route. Elle contribue également à améliorer le drainage de la chaussée en permettant l'écoulement des eaux de pluie vers les couches inférieures.

Le choix des matériaux et la qualité de leur mise en œuvre sont des facteurs clés dans la résistance et la durabilité de la couche de base. Des matériaux de qualité inférieure ou une mise en œuvre insuffisante peuvent entraîner une dégradation prématurée de la chaussée, des déformations et des fissures, ainsi qu'une diminution de la sécurité routière.

10.2.2.3 Couche de fondation.

La couche de fondation est une couche de la structure de la chaussée située sous la couche de base et qui assure la répartition des charges de la chaussée sur le sol support.

La couche de fondation est généralement constituée de matériaux de grande dimension (pierres, blocs de béton, etc.) ou de matériaux plus fins et compactables (par exemple des matériaux granulaires comme le sable). Cette couche est destinée à renforcer la résistance de la chaussée et à répartir les charges de circulation sur une surface plus importante.

La couche de fondation est particulièrement importante dans les zones où le sol est instable ou peu porteur. Elle doit être dimensionnée en fonction des caractéristiques du sol, du trafic attendu et des charges de la chaussée. Une mauvaise conception ou une mise en œuvre défectueuse de la couche de fondation peut entraîner des déformations, des affaissements et des fissures dans la chaussée.

La mise en œuvre de la couche de fondation nécessite une grande attention. Les matériaux doivent être compactés avec soin pour garantir une bonne répartition des charges et une résistance optimale de la chaussée. Les matériaux de la couche de fondation doivent également être compatibles avec les autres couches de la chaussée pour garantir une bonne adhérence entre les différentes couches.

En résumé, la couche de fondation est une couche de la structure de la chaussée qui contribue à renforcer la résistance de la chaussée et à répartir les charges de circulation sur une surface plus importante. Elle est donc essentielle pour garantir la durabilité et la sécurité de la chaussée.

10.2.2.4 Couche de forme.

La couche de forme est la couche supérieure du sol naturel sur laquelle est construite la chaussée. Elle sert de base à la construction de la chaussée et permet d'obtenir une surface plane et stable pour la mise en place des autres couches de la structure de la chaussée.

La couche de forme est constituée du sol naturel existant qui est nivelé et compacté pour atteindre les caractéristiques de portance et de planéité nécessaires. Elle peut également être constituée de matériaux d'apport, tels que du sable ou du gravier, si le sol naturel est insuffisamment porteur ou peu stable.

La qualité de la couche de forme est très importante pour la stabilité et la durabilité de la chaussée. Une couche de forme insuffisamment compactée ou non homogène peut entraîner des problèmes tels que des affaissements, des fissures et des ondulations dans la chaussée.

La mise en œuvre de la couche de forme doit être réalisée avec soin pour garantir une surface plane et homogène. Elle doit être compactée à l'aide de matériel approprié, tels que des rouleaux compresseurs, pour atteindre les caractéristiques de portance et de planéité requises.

En résumé, la couche de forme est la couche supérieure du sol naturel sur laquelle est construite la chaussée. Elle est essentielle pour garantir la stabilité et la durabilité de la chaussée, et doit être mise en œuvre avec soin pour garantir une surface plane et homogène

10.3 Les différentes catégories de chaussée.

Il existe deux catégories de chaussées :

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

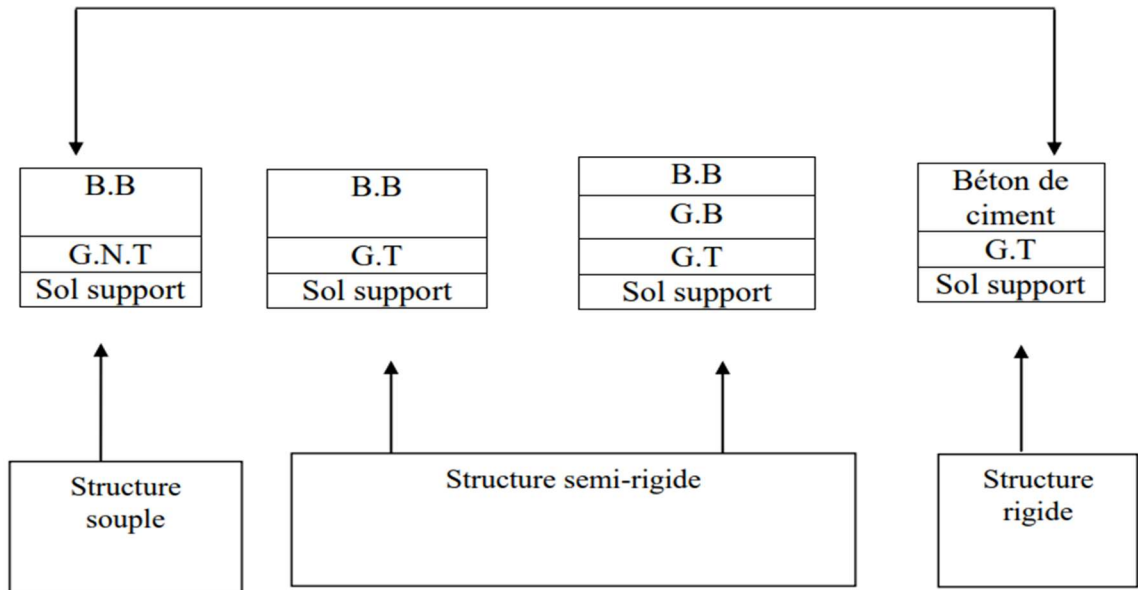


Figure 10-1 Les différentes catégories de chaussée.

Avec :

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitume.

GT : grave traité.

G.N.T : grave non traité.

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas... Etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie. La qualité de la construction de chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées. Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

10.4 Les principales méthodes de dimensionnement.

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

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

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

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

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

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

Avec :

e : épaisseur équivalente.

I : indice CBR (sol support).

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

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

Avec :

$a_1 e_1$: Couche de roulement.

$a_2 e_2$: Couche de liaison.

$a_3 e_3$: Couche de base.

$a_4 e_4$: Couche de fondation.

Où :

a_1, a_2, a_3, a_4 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3, e_4 : épaisseurs réelles des couches.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe e_1, e_2, e_3 et on calcul e_4 tel

que :

- e_1 : Couche roulement 6 à 8 cm.
- e_2 : Couche de liaison 6 à 10 cm.
- e_3 : Couche de base 10 à 25 cm.
- e_4 : Couche de fondation 15 à 35 cm.

10.4.2 Coefficient d'équivalence.

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

Tableau 10-1 Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	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	1.00 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 :

$$e = \sum_{i=0}^n ai \cdot ei$$

10.4.3 Application au projet.

10.4.3.1 Méthode de l'indice CBR.

Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de compactage 2018 TMJA =7000 V/J.
- Le trafic a l'année de mise en service 2021 TMJA = 8103 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 2021
- 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 :

$$N1 = TMJA_{2021} \times \%PL$$

$$N1 = 8103 \times 0.2 = 1620.6 \text{ VPL/J}$$

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

$$Nn = N1 (1+\tau)^n$$

$$N20 = 1620.6(1 + 0.05)^{20}=4230 \text{ VPL/J}$$

Calcul d'épaisseur théorique :

On a C.B.R = 7

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5})(75 + 50 \log \frac{4300}{10})}{7 + 5}$$

$$e = 52.24cm$$

$$e \approx 52cm.$$

10.4.4 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 à performance modifié BBPM » :

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 » :

$$a_4 = 0.6$$

10.4.4.1 Epaisseur équivalente :

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

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

$$e = 7 \times 2 + 10 \times 1.2 + 20 \times 1 + e_4 \times 0.6 = 52 \text{ cm}$$

$$e_4 = 10.$$

Pour notre cas l'épaisseur réelle est de :

$$7 \text{ (BB)} + 10 \text{ (GB)} + 20 \text{ (GNT)} + 15 \text{ (Tuf)}.$$

Tableau 10-2 tableau de différentes couches.

Couche	Epaisseur équivalent en cm	Epaisseur réelle cm
Couche de roulement BB	14	7
couche de liaison GB	12	10
couche de base GNT	20	20
Couche de fondation en Tuf	6	15
Total	52	52

Chapitre 11 : ETUDE GEOTECHNIQUE.

11.1 Introduction.

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques, chimique et mécaniques des roches et des sols qui vont jouer le rôle d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés et qui exige des reconnaissances géotechniques. La reconnaissance de sol utilisant différents équipements et instrumentation sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnicien à mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans de bonnes conditions le projet.

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

11.2 Objectif de la géotechnique routière

- Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée.
- Etablir le projet de terrassement,
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

11.3 Les moyens de la reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

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

- Les essais de laboratoire.

11.4 Réglementation algérienne en géotechnique

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place (in situ). Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des études géotechnique.

- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.
- Les essais en place (essais pressiométriques, pénétromètre statique ou dynamique).

11.5 Les essais en géotechnique

La détermination des caractéristiques d'un sol nécessite la réalisation d'essais. Certains essais (relatifs au comportement à court terme), peuvent être effectués de deux façons :

- Au laboratoire après prélèvement d'échantillon intacts (ou non remaniés).
- Au sein du massif de sol, par un essai en place ou in situ.

Les essais permettant la détermination des caractéristiques à long terme sont réalisés au laboratoire sur des échantillons de sol intacts.

Les essais in situ en géotechnique permettent d'approfondir l'étude des sols et des roches avant toute construction en surface ou en profondeur. Parfois discrédités au profit des essais de laboratoire, ils évitent pourtant toute contrainte de transport et de conservation susceptible d'altérer les prélèvements et leurs résultats.

Les avantages de l'essai in situ sont les suivants :

- Son exécution est rapide, donc on peut le multiplier pour permettre une meilleure reconnaissance du sol.
- Il est parfois le seul à réaliser lorsqu'on ne peut pas extraire des échantillons intacts.

- Il donne des résultats globaux par rapport aux essais de laboratoire qui donnent des résultats discontinus.

L'implantation des puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance creusés à ciel ouvert, réalisés à l'aide d'une pelle mécanique jusqu'au refus ou stoppée à 3.00 m de profondeur avaient pour objectif :

- La détermination des agencements lithologiques des strates rencontrées.
- La prise des échantillons remaniés en vue des essais de laboratoire.

D'autre part des densités in situ et des teneurs en eau ont été mesurés au droit de chaque puits à l'aide du gamma densimètre

11.5.1 Essais physiques

11.5.1.1 La teneur en eau naturelle « W » : NF P 94-050

a) Définition :

On désigne par teneur en eau la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière, par exemple un échantillon de sol, de roche, de céramique ou de bois, la quantité étant évaluée par un rapport de poids humides sur poids secs.

b) But :

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique (W%) d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 100 grammes de sol sec.

c) Appareillages utilisés :

- Etuve sèche
- Des récipients
- Balance

d) Mode opératoire :

- Rendre un récipient propre, sec et taré, y placer un échantillon de sol humide d'un poids minimum de :

- 30g pour les sols fins
- 300g pour les sols moyens
- 3000g pour les sols grossiers
- On les place à l'étuve après 15 heures on prend le poids. En principe entre les deux pesées, de la différence est inférieure à 0,1%.

e) Calcul de la teneur en eau :

Soit Ph le poids humide de l'échantillon et Ps le poids sec de l'échantillon

$$w = \frac{p_s}{p_h} \times 100$$

Phase 1 : Déterminer "Ph" le poids Humide

- Sur le terrain, disposer d'une balance type balance de cuisine et d'une poêle à frire.
- Poser la poêle sur la balance et faire la tare. (La balance doit indiquer « 00 » lorsque la poêle est dessus).
- Répartir dans la poêle une couche de sol épaisse d'environ 2cm.
- Noter le poids indiqué par la balance. C'est le poids humide (Ph).

Phase 2 : Déterminer Ps

- Installer le réchaud à Gaz sur un endroit plan et abrité.
- Utiliser des gants et une spatule afin de prévenir tout risque de brûlure. Allumer le réchaud et « cuire » le sol en le mélangeant jusqu'à obtenir un mélange poudreux et totalement sec. (En laboratoire on évapore l'humidité du sol en le plaçant 24 heures dans une étuve à 105°).
- Laisser la poêle et le mélange refroidir sous surveillance.
- Peser le mélange et noter le poids sec indiqué. C'est le poids sec (Ps).

Phase 3 : Déterminer W%.

- A l'aide de la calculette, en prenant garde aux priorités de calcul, remplacer les valeurs de P_s et P_h dans la formule mathématique et déterminer la teneur en eau (W) du sol étudié.

11.5.2 Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053)

a) Définition :

(γ) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\gamma = \frac{W}{v}$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

$$\gamma_{ds} = \frac{W_s}{v}$$

b) Principe de l'essai :

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

c) But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminé expérimentalement au laboratoire de certaine caractéristique physique des sols.

d) Domaine d'utilisation :

Cet essai est utilisé pour classer les différents types de sols.

11.5.3 Analyse granulométrique par tamisage :

a) Définition

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des Différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille...).

Par métonymie, c'est aussi le nom donné au résultat de cette analyse.

Granularité : distribution dimensionnelle des grains.

Refus : sur un tamis : matériau qui est retenu sur le tamis.

Tamisât (ou passant) : matériau qui passe à travers le tamis.

C'est la fraction d'un matériau comprise entre 80 μm et 50 mm, détermination de la classe granulométrique par deux méthodes :

- Tamisage par voie humide (NFP P 94-041)
- Tamisage à sec après lavage (NF NP P 94-056)

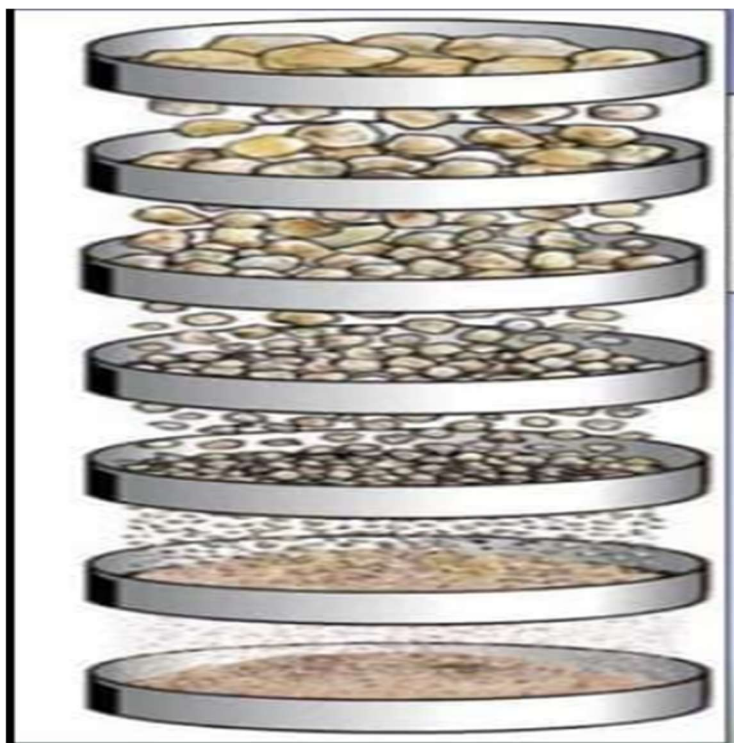


Figure 11-1 Analyse granulométrique.

b) But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

c) Principe de l'essai :

L'essai consiste à séparer les grains agglomères d'une masse connue de matériau par brassage sous l'eau à fractionner ce sol, une fois séché au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis

d) Matériel utilisé :

- Appareillage spécifique à la norme P 18-553.
- Bacs, brosses, pinceaux.
- Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1%.
- Étuve ventilée réglée à $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- Un dispositif de lavage.
- Colonne de tamis.



Figure 11-2 Tamisage électrique et manuel.

e) Préparation de l'échantillon pour l'essai :

L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse M de l'échantillon pour l'essai doit être supérieure à $0,2 D$ avec M exprimé en kilogrammes et D la plus grande dimension spécifiée en millimètres. (Voir figure)

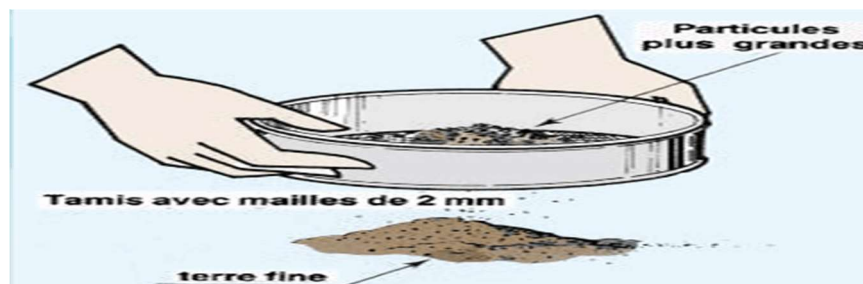


Figure 11-3 Méthode d'essai.

f) Mode opératoire :

Mode opératoire N°1 :

- Calcul de la masse sèche : M_s
- Faire une teneur en eau : w
- Peser l'échantillon humide : M
- $M_s = M / (1+w)$
- Tamisage par voie humide
- Tamis de $80\mu\text{m}$
- Séchage des refus à $80\mu\text{m}$ (sables et graviers)
- Tamisage à sec des refus à $80\mu\text{m}$
- Pesage des refus secs La figure ci-dessus représente le premier mode opératoire :

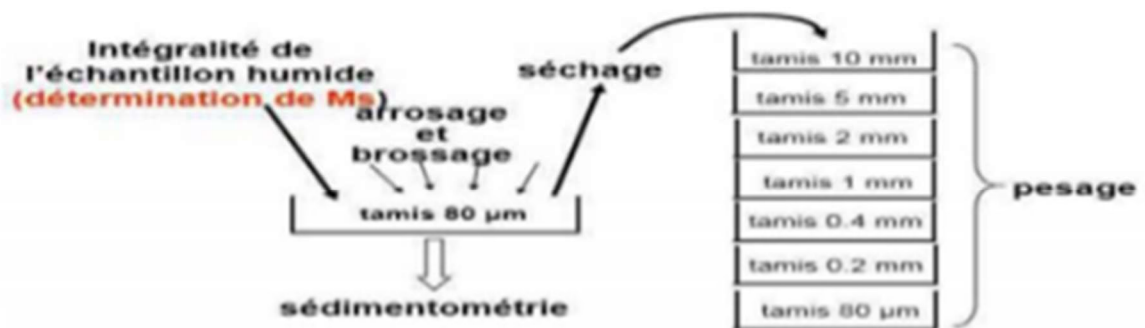


Figure 11-4 Mode opératoire.

Mode opératoire N°2 :

Pesage des refus cumulés (R_i) :

- $R_1, (R_1 + R_2), R_1 + R_2 + R_3, \dots$ etc.

Calcul du pourcentage des refus (%)

- $R_1 / M_s = PR_1$

- $(R1 + R2) / Ms = PR2$
- $(R1 + R2 + R3) / Ms = PR3 \dots etc.$

Calcul du pourcentage des tamis ($\%$) :

- $T1 = 1 - PR1$
- $T2 = 1 - PR2$
- $T3 = 1 - PR3$

11.5.4 Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598

a) Définition :

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, et effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui floclent.

La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du flocculat et de la partie sableuse sédimentée.

b) But de l'essai :

Le but de cet essai est de permettre de mesurer rapidement l'importance relative des éléments fins au sien d'un matériau sableux, il rend compte globalement de la qualité et la quantité des éléments fins qui floclent et l'élément sableux qui sédimentent.

c) Principe :

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant dans un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon. On complète alors le sable en utilisant le reste de solution flocculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées.

L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur la hauteur totale, exprimé en pourcentage.

d) Matériels utilisés :

- Tamis de 5 mm d'ouverture de mailles avec fond.
- Spatule et cuillère.
- Récipients de pesée pouvant recevoir environ 200 ml.
- Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1%.
- Chronomètre donnant la seconde.
- Règle de 500 mm, gradué en millimètres.
- Goupillon pour le nettoyage des éprouvettes.
- Bacs pour tamisage

e) Préparation de l'échantillon pour essai :

L'échantillon pour laboratoire doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-598. Sa masse doit être telle que la fraction passant au tamis de 5 mm pèse 500 à 700 g.

Si l'échantillon pour laboratoire n'est pas humide, l'humidifier afin d'éviter les pertes de fines et la ségrégation. Sur celui-ci, procéder à la préparation d'un échantillon pour la détermination de la teneur en eau w et de deux échantillons pour essai.

L'essai s'effectue sur le sable à sa teneur en eau naturelle, la masse sèche de l'échantillon pour essai doit être de $120 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$.

f) Mode opératoire

- Tamisez l'échantillon (tamis de 5mm), et prenez 120 g.
- Remplir l'éprouvette jusqu'au trait inférieur avec la solution lavande, puis ajouter la masse de l'échantillon, et laisser la manipulation pendant 10 mn

- Après les 10 mn on ferme l'éprouvette avec un bouchon et on la pose dans un agitateur et le démarrer (agitation pendant 30s).
- Laver avec la tige d'eau de la solution lavande jusqu'à le trait supérieur
- Après 20 mn, mesurer avec la règle h1 jusqu'au niveau qui sépare le liquide et le matériau. Et avec le piston on mesure h2.
- Refaire l'essai 3 fois.



Figure 11-5 L'essai d'équivalent de sable.

Selon la norme française NFP 18-598, l'observation de l'essai et la classification des échantillons se résume dans le tableau suivant :

N°	Equivalent de sable en %	Observation
01	ESV < 65	Sable argileux; risque de retrait ou de gonflement de béton.
02	65 > ESV < 75	Sable léguèrent argileux ; de propreté admissible.
03	75 > ESV < 85	Sable propre ; convenant au béton à haute qualité.
04	ESV > 85	Sable très propre ; absence de plasticité de béton.

Figure 11-6 Nature du sol en fonction d'E.S.

11.5.5 Limites d'Atterberg : NF P 94-051

a) Définition

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent le seuil entre ces différents états elles ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition ont les définis aussi par les notions suivantes telles que

- La limite de liquidité W_l qui sépare l'état liquide au plastique
- La limite plasticité W_p qui sépare l'état plastique au solide
- La limite plasticité W_s qui sépare l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait (peu utilisé).
- L'indice de plasticité IP définit par l'étendu du domaine plastique
- L'indice de consistance relative I_c définit par l'état naturel d'un sol en fonction de sa teneur en eau.
- L'indice de liquidité IL fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative Relation entre ces différents facteurs :

$$I_c = W_l - W_p$$

$$IL = W - W_{PIP}$$

$$IP = W_L - W_p$$

b) But de l'essai:

Le but de cet essai est de déterminer les limites de plasticité et de liquidité d'un matériau et son état de consistance dans des proportions importantes en fonction de sa teneur en eau.

c) Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

- Détermination de la teneur en eau W_L pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se forme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement Conventionnel).
- Détermination de la teneur en eau W_P pour laquelle un rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction)

Conventionnelle).

d) Préparation de l'échantillon

- On tamise une quantité de sol (tamis 0,400) pour obtenir 200 grammes de mortier préalablement au tamisage on prendra soin de briser les mottes de terre au pilon et d'écartier manuellement les grosses particules.
- On ajoute progressivement une quantité d'eau au sol et on malaxe rigoureusement.
- On couvrit le mélange et laisser reposer pendant la durée nécessaire à rhomogénéisqtiôfr.de l'humidité. Une période de repos de 24 heures est nécessaire pour les argiles, et quelques minutes sont suffisantes pour les limons.

e) Détermination de la limite de liquidité

Matériels utilisés :

- Spatule, coupelle, marbre pour malaxage, godet
- Balance, étuve à 105°C, socle en bois, bac et pinceau
- Appareil de limite (CASAGRANDE)
- Outil à rainurer
- Les tares

Préparation de l'appareil

Avant de démarrer l'essai il est conseillé de réaliser les préparations suivantes :

- On nettoie le socle et la coupelle avec un chiffon propre.
- On marque le point de contact de la coupelle avec le socle.
- On règle la hauteur de chute de la coupelle à l'aide de la vis de réglage.

Mode opératoire

- On remplit la coupelle au % avec le mélange de sol-eau en utilisant la spatule, pour obtenir une épaisseur maximum de 10 mm

- On réalise une rainure centrale qui partage le sol en deux avec l'outil à rainurer tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle.
- A l'aide de la manivelle, on imprime à la coupelle une série de chocs régulière à raison de deux chocs par seconde. On note le nombre de chocs qui correspond à la fermeture des lèvres de la rainure sur une longueur de 10 mm.
- On Utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la fermeture se fera pour un nombre de chocs plus élevé, on ajoute un peu d'eau à l'échantillon et on malaxe vigoureuse et on reprend les opérations de 1 -4.
- On prélève à l'aide de la spatule une masse, M_i , (humide) de sol à endroit où les lèvres se sont refermées et On procède à la mesure de sa teneur en eau et on met dans une tare de masse vide M_v et on pèse l'ensemble M_{eh} (tare+sol humide telle que $M_h = M_{eh} - M_v$) puis on pose dans l'étuve et après 24 heures (la durée de séchage) on pèse mon échantillon M_{es} (tare+sol sec telle que $M_s = M_{es} - M_v$).

f) Détermination de la limite de plasticité

Mode opératoire

- On prend la quantité de sol réservée à la détermination de la limite de plasticité au démarrage de la manipulation.
- On assèche cette fraction de sol en le roulant entre les paumes des mains. On roule les poulettes sur une surface lisse de façon à former des rouleaux ou fuseaux qu'on amincit progressivement jusqu'à ce qu'ils atteignent un diamètre de 3mm et de longueur de 20 mm. On reforme les boulettes avec les fuseaux et On répète l'étape 2 jusqu'à ce que les rouleaux de 3 mm se cassent en morceaux lorsqu'ils soumièrent à leur propre poids. Dans cette situation on dit que le sol a atteint sa limite de plasticité.
- On place les morceaux, ainsi de chaque rouleau brisé, ans une coupelle et on détermine leur teneur en eau.

La limite de liquidité sera la moyenne des teneurs en eau de tous ces échantillons. La teneur en eau de chaque échantillon ne doit pas varier de plus de 1 des autres teneurs en eau trouvées sinon elle est écartée. (Voir la figure)

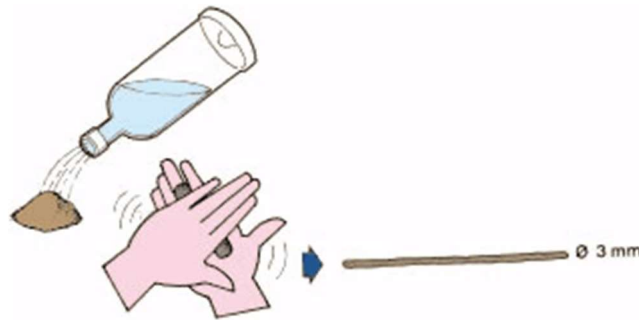


Figure 11-7 Limite de plasticité.

11.5.6 Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048

a) Définition

L'essai de carbonate (CaCO_3) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendées mais pas sur les sols.

b) But de l'essai

Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO_2 dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO_3) d'un échantillon de sol ou de roche.

c) Matériel utilisé

- Fiole.
- Tamis de 0.200 mm.
- Solution d'acide chlorhydrique.
- Calcimètre.
- Balance.

d) Préparation de l'échantillon

- Prélever une masse $m=50\text{g}$ de l'échantillon.
- Tamiser l'échantillon au tamis 0.2mm.
- Peser une masse m_1 à partir de la masse m . (Voir figure)

e) Mode opératoire

- Verser la prise m_1 dans la fiole.
- Introduire le tube qui contient 10 ml de solution d'acide chlorhydrique.
- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse m_1 .
- Agiter énergiquement la fiole.
- Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne et celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- Noter le volume V de gaz.
- Répéter l'essai à partir de l'étape de verser la masse dans la fiole mais pour $m' = 0.050, 0.100, 0.200, 0.300\text{g}$, et calculer V' .
- Tracer la courbe d'étalonnage.
- Déterminer à partir de la courbe la masse m_2 .

La figure ci-contre représente le mode opératoire de l'essai carbonate :

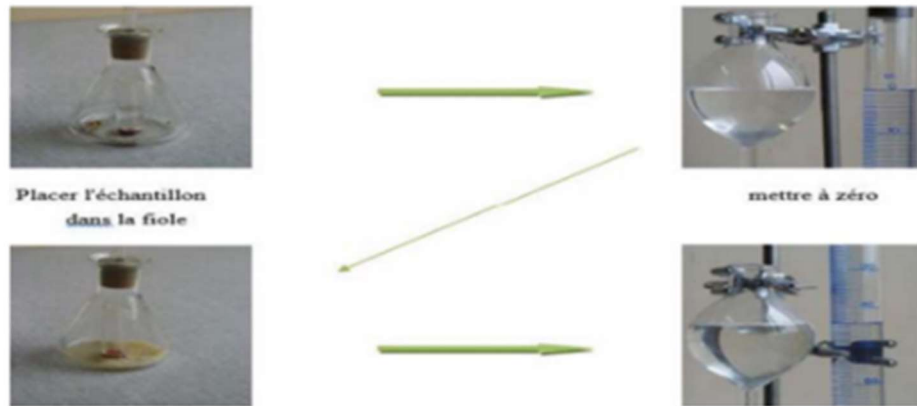


Figure 11-8 Mode opératoire de l'essai carbonate.

La qualification de l'horizon dépend de la teneur en calcaire totale comme le montre le tableau suivant

Teneur en calcaire total	Qualificatif de l'horizon
< 1 %	non calcaire
1à5%	peu calcaire
5à25%	modérément calcaire
25à50%	fortement calcaire
60à80%	très fortement calcaire
>80%	excessivement calcaire

Figure 11-9 Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire.

11.6 Essais mécaniques.

11.6.1 Essai Proctor modifié : NF P 94-093

a) Définition

L'essai Proctor, mis au point par l'ingénieur Ralph R. Proctor (1933), est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire par compactage à une énergie fixée (dame de poids, nombre de coups et dimensions normés). Le protocole de l'essai Proctor suit la norme NF P 94-093 (détermination des références de compactage d'un matériau).

Les valeurs obtenues par l'essai sont notées pour la teneur en eau optimale, et pour la masse volumique sèche optimale. Une autre référence peut être déterminée pour une énergie supérieure (notamment pour des couches de chaussées granulaires), il s'agit de l'optimum Proctor modifié (OPM).

b) But de l'essai

L'essai a pour but de déterminer la teneur en eau optimum en fonction de la densité sèche optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximum.

c) Principe de l'essai

Lorsqu'on compacte de façon identique des échantillons d'un même sol, au moins cinq teneurs en eau différentes, on constate que la densité sèche varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée (dite optimale W_{opt}).

d) Appareils utilisés

- Un moule Proctor et CBR
- Une dame Proctor et CBR
- Une règle à araser
- Un disque d'espacement, étuve
- Une burette, balance,
- Une éprouvette, truelle, un bac et un tamis de 5 et 20

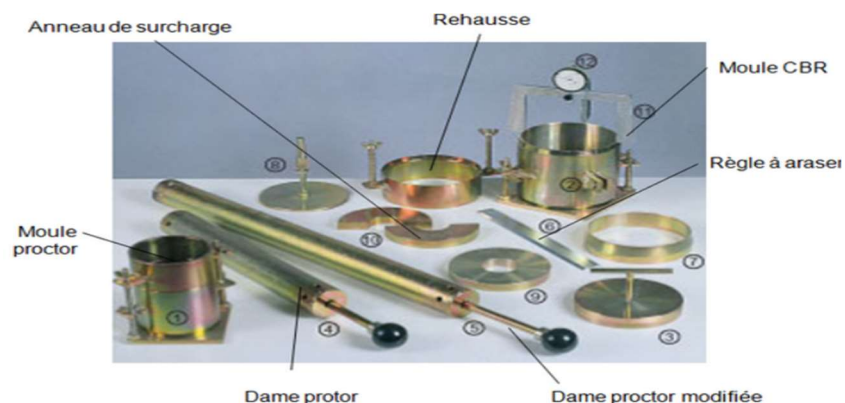


Figure 11-10 Matériels de l'essai Proctor.

e) Mode opératoire

- Peser 5500 g de Tuf.
- Tamiser la peser (série de passoir « 100-63-40-25-12,5 »).
- Noter la peser de chaque refus.
- Puis ajouter un pourcentage d'eau de 2% puis 4% puis 8% en mélangeant bien.
- La découper l'échantillon en 5 couches, ensuite les mettre l'une après les autres en compactant chaque couche avec la même énergie de compactage (56 coups/couches) jusqu'à la dernière couche.
- Araser bien et enfin peser et l'enlevé du moule.

La figure suivante montre les différentes étapes de l'essai Proctor :



Figure 11-11 Les étapes de l'essai Proctor.

Après le tracé de la courbe Proctor, on tire la densité sèche optimale et la teneur en eau optimale.

11.6.2 Essai CBR : NF P 94-078.

a) Définition :

Pour les sols à vocations routière CALIFORNIA BEARING RATIO permet de définir un indice purement empirique dit indice portant cet indice connu grâce à

des abaques permet de calculer l'épaisseur des couches de formation nécessaire d'une chaussée et ceci en fonction de la charge par essieu et du trafic attendu.



Figure 11-12 Matériels d'essai CBR.

b) But de l'essai

Cet essai a pour but de déterminer la portance d'un sol (l'indice CBR).

c) Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante (1.27 mm/min) dans une éprouvette de matériau, les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué deux enfoncements (2.5 et 5.0 mm) conventionnels sont respectivement rapportées aux valeurs des forces observées sur un rapportées aux valeurs des forces observées sur un matériau de référence pour les mêmes enfoncements.

L'indice portant immédiat (IPI) est obtenu lorsqu'on effectue l'essai de poinçonnement, sans surcharge, aussitôt après la confection de l'éprouvette.

L'indice CBR immersion (I, CBR_i) est mesuré après 4 jours d'immersion dans l'eau dans ce cas, l'éprouvette est recouverte de surcharges permettant de frotter la surface de l'échantillon et l'on mesure le gonflement linéaire de l'éprouvette.

d) Mode opératoire

Il est nécessaire d'effectuer au préalable un essai Proctor modifié afin de déterminer la teneur en eau optimal de compactage de l'échantillon, cette teneur étant connu on prépare le nombre d'éprouvette voulue pour moule CBR, la même énergie de compactage sera adoptée que pour le moule Proctor modifié. Avant compactage un disque est disposé au fond du moule et après compactage

le moule est arasée pesé puis remis sur l'embase on y dispose alors le plateau de gonflement, l'anneau de surcharge, le compactage, le comparateur que l'on règle à zéro, le moule est ensuite mis à imbiber pendant 4 jours au cours des quels on mesure à l'aide du comparateur les gonflements éventuels de l'échantillon, l'imbibition terminée la phase de poinçonnement commence le moule est disposé sur le plateau de la presse le piston est au contact du sol à l'aide de l'indicateur de cadence le poinçonnement s'effectue à vitesse constante de 1.27 mm/mim au cours de l'essai la pression correspondante aux enfoncements /0.625 / 1.25 / 2.00 / 2.5 / 5 / 7.5 / 10 mm est noté en fin de l'essai l'échantillon est prélevé et sa teneur en eau est déterminée. (Voir figure).

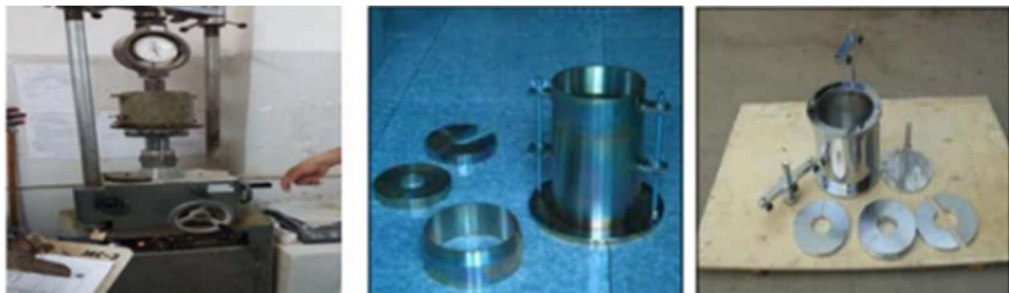


Figure 11-13 Matériels d'essai CBR.

e) Facteurs influents de l'essai :

1 -Teneur en eau :

Pour avoir un meilleur remblai on utilise le sol dont la courbe Proctor est aplatie c'est-à-dire le sable, par contre il faut éviter les sols dont la courbe présente un maximum marqué.

2 -L'énergie de compactage

La courbe Proctor varie si l'énergie de compactage varie si la densité augment W diminue.

f) Remarque

On mesure trois types d'indices en fonction du but :

a) L'indice caractérisant l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux : indice portant immédiat (IPE)

b) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau : CBR immédiat

c) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des variations de régime hydrique : CBR après immersion.

11.7 Essais chimiques.

11.7.1 Essais au bleu de méthylène (ou à la tache).

a) Définition

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

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

b) Principe de l'essai

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

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

$$VBS(\%) = XP \times C \times 100$$

Avec :

X : La masse de bleu introduit

P : Masse sèche de la prise d'essai (100 g)

C : Proportion de la prise d'essai dans le (0/50) mm

11.8 Essais des Enrobés.

11.8.1 *L'essai de compacité :*

a) Définition de l'essai

L'essai proposé dans ce document a pour but de mesurer la compacité d'une fraction granulaire de masse déterminée lorsqu'elle est soumise dans un cylindre à une sollicitation mécanique définie. Le mode opératoire exposé s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.

L'appareillage et les conditions des essais sont décrits mais aussi un exemple de feuille d'essai est donné pour permettre une bonne mise en œuvre de la méthode d'essai.

b) La méthode du nucléo densimètre

Cette méthode consiste à placer à la surface du sol un appareil muni d'une source radioactive de rayons γ et d'un détecteur de particules protégés l'un et l'autre par des blindages tels que toutes les radiations provenant de la source pénètrent dans le sol et que seules les radiations provenant du sol atteignent le détecteur.

11.8.2 *Essai de carottage.*

a) Définition de l'essai

Les carottages sont des essais destructifs très riches en information sur l'état des couches traitées (aux liants hydrauliques ou bitumineux) des chaussées. Ils renseignent tant sur l'épaisseur et l'état des couches traitées que sur celui des interfaces ou des fissures. Pour pouvoir exploiter ces informations dans des systèmes d'analyse automatique, il est nécessaire de les codifier.

La présente méthode s'attache à définir les conditions d'exécution des carottages routiers et les règles de codification, voire d'agrégation des observations faites lors de ces essais.

b) Principe

Le carottage est un essai qui consiste à découper et à extraire d'une chaussée un échantillon cylindrique, appelé carotte.

L'observation visuelle de la carotte, et de la paroi de la cavité ainsi pratiquée dans la chaussée, permet de connaître la nature et l'état des matériaux.

On déduit notamment de cet essai les caractéristiques suivantes :

Pour chaque couche de matériau, l'épaisseur E_p , l'indice d'état du matériau IEM et si une fissure traverse la carotte, l'indice d'état de la fissure, IEF pour chaque interface, l'indice IEI d'état de l'interface. Les couches et interfaces sont numérotées en ordre croissant du haut vers le bas.

c) Appareillage

Les carottages sont effectués avec une carotteuse type CECPA, ou équivalent. Sauf spécification contraire explicite, ils sont toujours réalisés à l'eau.

La carotteuse doit être capable de traverser l'épaisseur de la chaussée dans le diamètre requis par l'application. Elle doit être stable pendant l'essai.

Sa broche doit être équipée d'un dispositif de contrôle et d'affichage en continu

De la vitesse de rotation et de la poussée permettant d'optimiser la coupe avec le carottier choisi.

Cette broche, stable dans son porte broche, doit aider au centrage du carottier de sorte qu'il ne vibre pas pendant l'essai.

Il est recommandé de ne pas tolérer un excentrement supérieur à + 1 % du diamètre du carottier.

Le matériel accessoire doit comprendre :

- Une équerre d'angle permettant de s'assurer de l'orientation du Carottage par rapport à la surface de la chaussée (cf. « Condition d'exécution des carottages »).
- D'une pince permettant, le cas échéant, d'extraire les carottes sans les détériorer.
- Un appareil photographique.

- Le matériel peut aussi comprendre un endoscope pour l'observation fine de la paroi de la Cavité.

d) Mode opératoire.

L'essai comprend quatre phases qui doivent être exécutées en respectant Les conditions décrites dans les paragraphes « Condition d'exécution des carottages » Et « Conditions d'observation des carottages »:

- La mise en place de la carotteuse,
- L'exécution du carottage proprement dit,
- L'extraction de la carotte,
- L'observation de la carotte et de la cavité de carottage.
- La mesure d'épaisseur n'est pratiquée exclusivement sur la carotte que lorsque celle-ci est intacte. Sinon, elle doit être confirmée par une mesure dans la cavité de carottage



Figure 11-14 essai de carottage

CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT.

12.1 Introduction.

Lorsqu'une route traverse un bassin versant que ce soit naturel (BVN) ou bien routier (BVR), ou bassin versant de rétention traitement (BRT) elle est confrontée à plusieurs types d'écoulement :

- Les eaux de pluie.
- Les eaux de surface.
- Les eaux souterraines.

Pour l'évacuation de toutes ces eaux plusieurs dispositifs d'assainissement sont nécessaires tant pour la durabilité de la structure que pour le confort de l'utilisateur de la route.

12.2 Contexte de l'assainissement routier.

L'évacuation des eaux de ruissellement et superficielles est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence de l'eau provoque plusieurs dégradations dues aux inondations, glissement de terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus et la dégradation des chaussées. Une solution fut adaptée qui consiste à réaliser des ouvrages d'assainissement.

12.3 Objectifs de l'assainissement.

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Éviter les problèmes d'érosions.

- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate- forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute se durée de vie.

12.4 Définitions.

12.4.1 L'Assainissement.

L'assainissement est l'ensemble des actions à prévoir et entreprendre pour les écoulements naturels issus du bassin versant amont, il s'agira donc de collecter les eaux de ruissellement interceptées par le tracé routier et les drainer vers un point de rejet : exutoire ou en direction d'un ouvrage de franchissement crée à cet effet.

12.4.2 Avaloir.

Un avaloir est un ouvrage qui permet à l'eau s'écoulant sur la chaussée (le plus souvent le long d'un caniveau) de descendre dans un ouvrage situé à un niveau inférieur et généralement enterré (collecteur, buse de traversée,...).

12.4.3 Traversées.

Les traversées sont des canalisations enterrées en travers d'une route ou d'une entrée de riverains (on les appelle aussi aqueducs ou buses).

12.4.4 Drain.

Un drain est une canalisation souterraine dont les parois sont perméables à l'eau [3].

12.4.5 Descente d'eau.

Une descente d'eau est un ouvrage préfabriqué mis en place à la surface d'un talus ou enterré.

12.4.6 Caniveau.

Les caniveaux sont des ouvrages préfabriqués ou maçonnés (et soigneusement jointoyés) destinés à recueillir et écouler les eaux superficielles le long de la chaussée.

12.4.7 Le talus.

Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette Inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) Pour les déblais.

12.4.8 Bassin versant.

Le bassin versant est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eaux pluviales, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

12.4.9 Chambre de visite (cheminée).

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

12.4.10 Sacs.

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Ils sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

12.4.11 Fossé de crête.

Outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des puits.

12.4.12 Regards.

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

12.4.13 Buse.

Ouvrage de traversée hydraulique ou passage inférieur réalisé à l'aide de tubes préfabriqués en béton armé ou en tôle d'acier nervurée (tube ou buse multi-plaques faite de plaques boulonnées pour les grands diamètres).

12.5 Types de dégradations.

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent des dégradations pour la chaussée et les talus, ces dégradations se présentent sous forme de:

12.5.1 Pour les chaussées.

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

12.5.2 Pour les talus.

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

12.6 Assainissement de la route.

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus afin d'évacuer la chaussée dans des meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et les ouvrages busés.

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

Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).

Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot) [5].

12.6.1 Réseaux longitudinaux.

Ils se situent le long de la route.

12.6.1.1 Réseau de crête de talus de déblai.

Récupère les eaux qui ruissellent sur le bassin versant naturel et qui sont interceptées par la route. Il permet donc de garantir la stabilité du talus en évitant son érosion.

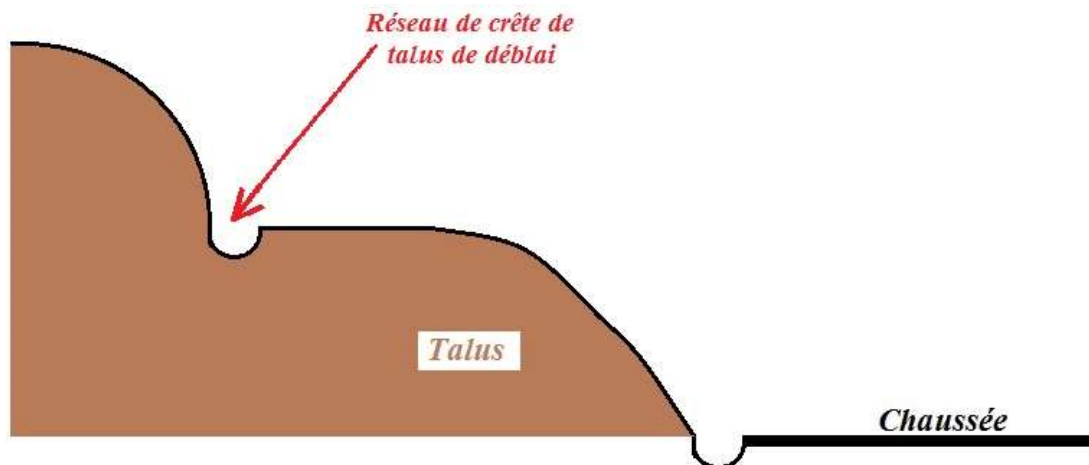


Figure 12-1 Réseau de crête de talus de déblai.

12.6.1.2 Réseau de pied de talus de déblai.

Collecte les eaux provenant du ruissellement sur la chaussée et sur le talus de déblai.

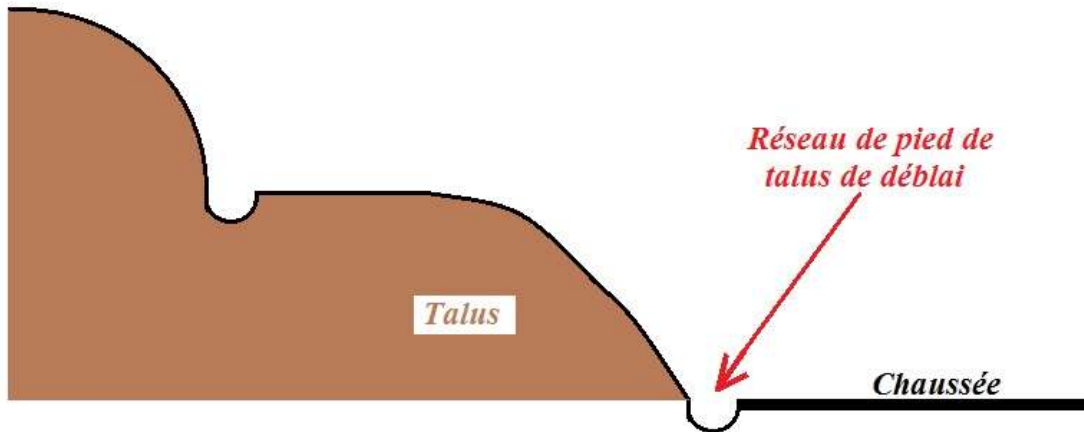


Figure 12-2 Réseau de pied de talus de déblai.

12.6.1.3 Réseau du Terre-Plein Central.

Récupère les eaux précipitées et non infiltrées sur le terre-plein central. Si la chaussée n'est pas construite en "toit", il permet également de collecter l'eau issue de la demi-chaussée déversée.

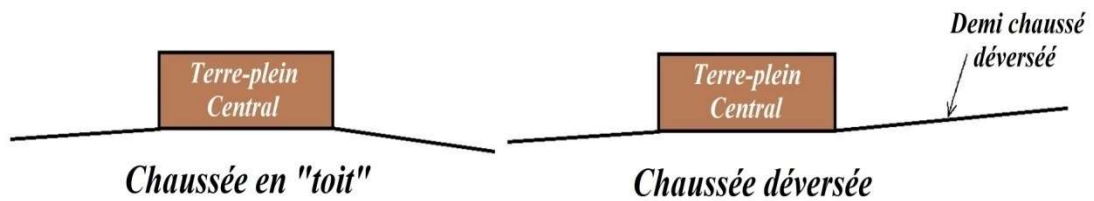


Figure 12-2 Réseau du terre-plein central pour une chaussée en "toit" et une chaussée déversée.

12.6.1.4 Réseau de crête de talus de remblai.

Récupère l'eau issue de la chaussée et évite qu'elle ne se déverse sur le talus de remblai. Il protège donc ce talus de l'érosion et garantit sa stabilité.

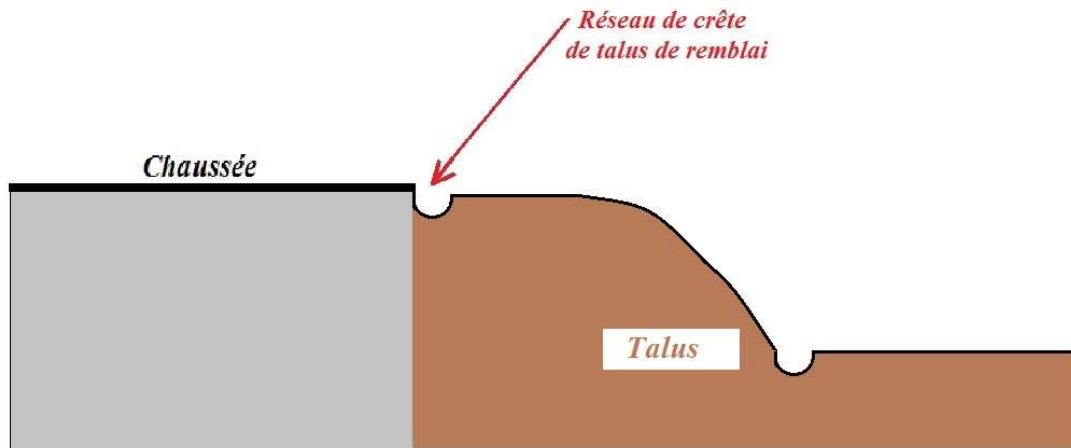


Figure 12-3 Réseau de crête de talus de remblai.

12.6.1.5 Réseau de pied de talus de remblai.

Collecte les eaux de ruissellement du talus de remblai et protège donc le pied de talus de remblai contre l'érosion.

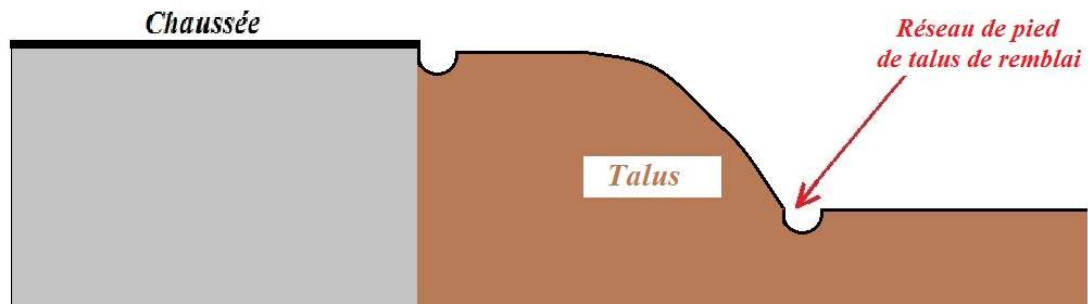


Figure 12-4 Réseau de pied de talus de remblai.

12.6.2 Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements.

12.6.2.1 Ouvrages transversaux.

Ce sont les ouvrages permettant le transfert des eaux d'un réseau longitudinal vers un autre. Leur emplacement est déterminé par la topographie du tracé (point bas, changement de dévers, ouvrage d'art, etc.), du sens des écoulements, des débits transportés, et de la position des exutoires.

- Les descentes d'eau (ouvrages généralement superficiels) tuilées à une canalisation.
- Les traversées sous chaussées.
- Dans la présence de TPC, y prévoir un regard de vitesse.

12.6.2.2 *Ouvrage de raccordement.*

Les ouvrages de raccordements sont situés à chaque point de ramification, de rejet, ou de changement de nature d'ouvrage. Leur rôle est la continuité du réseau longitudinal et du transversal. Ils sont généralement préfabriqués et situés à :

- Chaque changement de direction.
- Une rupture de pente dans le profil en long.
- Une modification du diamètre du collecteur.

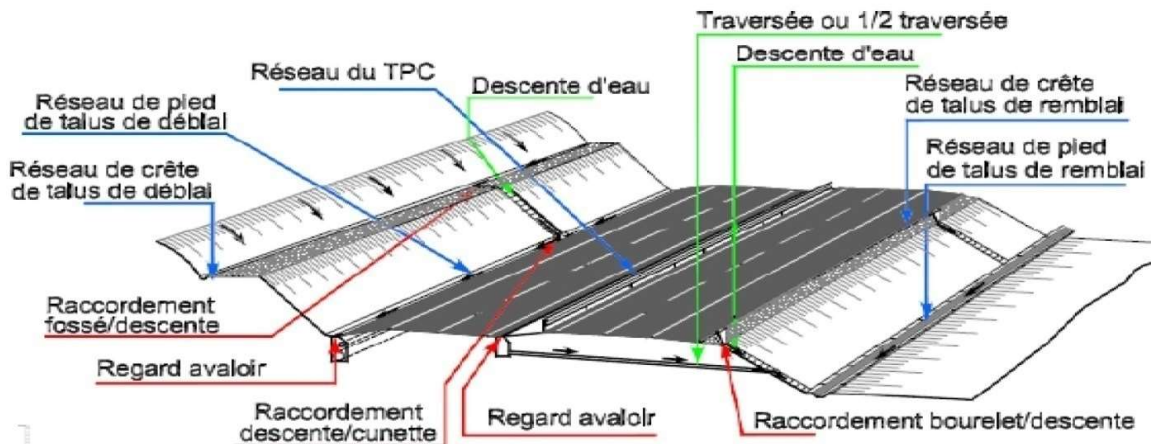

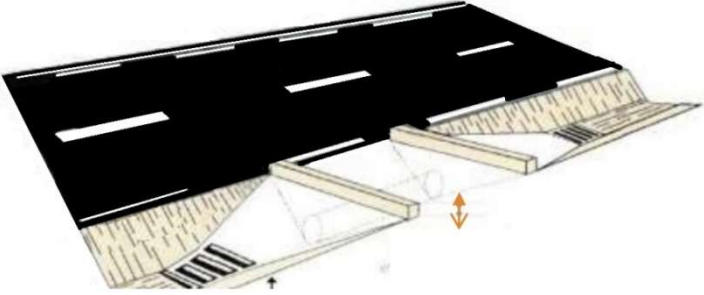



Figure 12-5 Situation des réseaux d'assainissement sur le profil en travers d'une route.

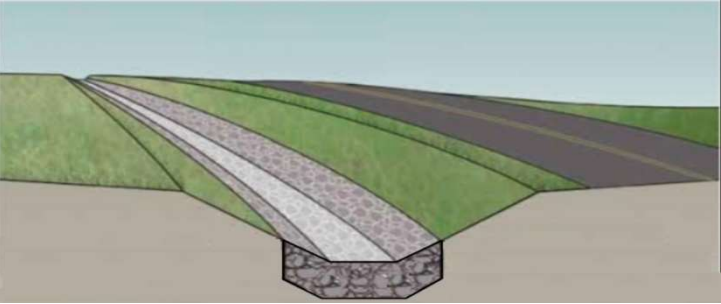

12.7 Types et rôles d'ouvrages d'assainissement routier.

12.7.1 Quelques types d'ouvrage d'assainissement.

Tableau 12-1 Ouvrages d'assainissement routier.

Nom de l'ouvrage	Description
Les avaloirs.	
Les traversées.	
Les drains.	

<p>Les descentes d'eau.</p>	
<p>Les caniveaux.</p>	
<p>Les bassins.</p>	
<p>Les regards.</p>	

Les fossés.	
Les buses.	

12.7.2 Rôles des ouvrages d'assainissement [9].

12.7.2.1 Rôle des avaloirs.

- Les fonctions principales d'un avaloir sont de :
- Capturer toute l'eau superficielle d'écoulement.
- Descendre l'eau à un niveau inférieur.
- Faciliter l'engagement de l'eau dans l'ouvrage suivant.

On peut distinguer des fonctions annexes mais importantes :

- Arrêter les déchets, (feuilles, branches, etc.) emportés par l'eau.
- Laisser les particules fines (sables fins, terres, ...) se déposer quand l'avaloir est équipé d'un décanteur.
- Eviter la remontée d'effluves d'un réseau d'assainissement unitaire grâce à la mise en place d'un siphon.

12.7.2.2 *Rôle des traversées.*

Les traversées permettent le maintien du réseau hydrographique naturel (au droit des grosses arrivées d'eau, on permet aux eaux diffuses collectées par les fossés de franchir la chaussée en souterrain).

12.7.2.3 *Rôle des drains.*

Un drain sert à capter et à évacuer l'eau en excès dans le sol. Donc sa mission concerne uniquement les eaux internes (nappe et eau d'infiltration).

12.7.2.4 *Rôle des descentes d'eau.*

Les descentes d'eau permettent de canaliser les eaux provenant du haut du talus et de les écouler vers un ouvrage situé en Contrebas.

12.7.2.5 *Rôle des caniveaux.*

Ils assurent à la fois le rôle d'avaloirs longilignes et d'ouvrages de transport. Ils remplacent les fossés pour recevoir les eaux de surface de la chaussée mais ils ne drainent pas.

12.7.2.6 *Rôle des bassins.*

Ils recueillent l'eau de ruissellement des bassins versants et les eaux d'assainissement de la route. La canalisation de rejet régule le débit d'évacuation des eaux. Ainsi l'eau provenant brutalement d'un gros orage sera stockée rapidement puis écoulee pendant plusieurs jours.

Ces bassins peuvent également jouer un rôle de décantation.

12.7.2.7 *Rôle des regards.*

Les regards sont des accès qui permettent de contrôler et entretenir un système d'assainissement. Ils permettent aussi parfois un changement de direction de la canalisation.

12.7.2.8 *Rôle des fossés.*

Les fossés ont un rôle principal : recueillir les eaux de ruissellement de la surface de chaussée et les évacuer pour qu'elles ne nuisent pas à la chaussée, aux utilisateurs de la route et

autres ouvrages (remblais, talus de déblais...). Le fossé doit conserver son gabarit et ne pas présenter de points bas qui entraîneraient des stagnations d'eau.

Les fossés ont souvent aussi un rôle important d'interception des eaux de l'environnement extérieur à la route.

Ils ont également un rôle secondaire : assainir le corps de chaussée voire, pour partie, le sol support (collecter les eaux des drains naturels ou artificiels, couper les arrivées d'eaux souterraines). Dans ce cas, le fossé doit être suffisamment profond (il peut alors être dangereux). Ce rôle est souvent illusoire car les temps de parcours de l'eau dans le sol sont très importants. Très souvent, le fossé sert également à protéger les accotements des riverains (délimitation nette des emprises).

12.7.2.9 Rôle des buses.

Etant à la base des canalisations géantes, les buses ont pour rôle d'assurer l'écoulement de l'eau collectée par les autres éléments du système d'assainissement. Aussi, elles assurent le déversement des eaux dans les bassins.

12.8 Synthèse.

La présence de l'eau sur la voie publique pose beaucoup de problèmes qui nuisent fortement à la durabilité de la route. En fait, l'eau est considérée comme l'ennemi numéro un du béton bitumineux.

Qu'elle soit superficielle ou bien interstitielle, le seul moyen de remédier à ses dégâts est une bonne conception d'un système d'assainissement basée sur des dimensionnements fiables et exacts.

Dans ce premier chapitre nous avons pu aborder les notions de base nécessaires à la maîtrise de la discipline de l'assainissement routier. Ce domaine restant très vaste, les sections évoquées ci-dessus représentent l'ensemble d'informations abrégé qu'un technicien de la construction doit connaître avant d'entamer la phase de conception.

12.9 Application.

Dans le cadre de notre projet on a :

- Passage N°1 est un passage de 05 buses situé au niveau du Pk 4+200 ;
- Passage N°2 est un passage de 02 buses situé au niveau du Pk 5+976 ;
- Passage N°03 : est un passage de 05 buses au niveau du Pk 6+875.

Chapitre 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.

13.1 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.

13.2 Objectifs de 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.

13.3 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.
- Respecter les règles d'implantation
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance nuit à l'efficacité.

13.4 Types de signalisation.

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

13.4.1 *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. Elles peuvent être classées dans quatre classes :

- A. Signaux de danger : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- B. Signaux comportant une prescription absolue : Panneaux de forme circulaire, on trouve :
 - L'interdiction.
 - L'obligation.
 - La fin de prescription.
- C. Signaux à simple indication : Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminées en pointe de flèche :
 - Signaux d'indication.
 - Signaux de direction.
 - Signaux de localisation.
 - Signaux divers.
- D. Signaux de position des dangers : Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

13.4.2 Signalisation horizontale.

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

I. Le jaune.

- Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement ;
- Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus ;
- Le marquage temporaire.

II. Le bleu.

- Éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

III. Le rouge.

- Pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

13.4.3 Marquages longitudinales :

13.4.3.1 Lignes continues :

Elles ont un caractère impératif (non 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

13.4.3.2 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, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

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

Tableau 13-1 Les modulations des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du Trait (en mètres)	Epissure 16-18	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	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	

13.4.3.3 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.

13.4.4 Marquages transversales.

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

13.4.5 Autres signalisation.

- Les flèches de rabattement : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.
 - Les flèches de sélection : Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.
- ✓ Pour piétons,
 - ✓ Pour cyclistes,
 - ✓ Pour le stationnement,
 - ✓ Pour les ralentisseurs de type dos d'âne.

13.5 Application au projet.

13.5.1 Les signalisations horizontales

I. Flèche de sélection.

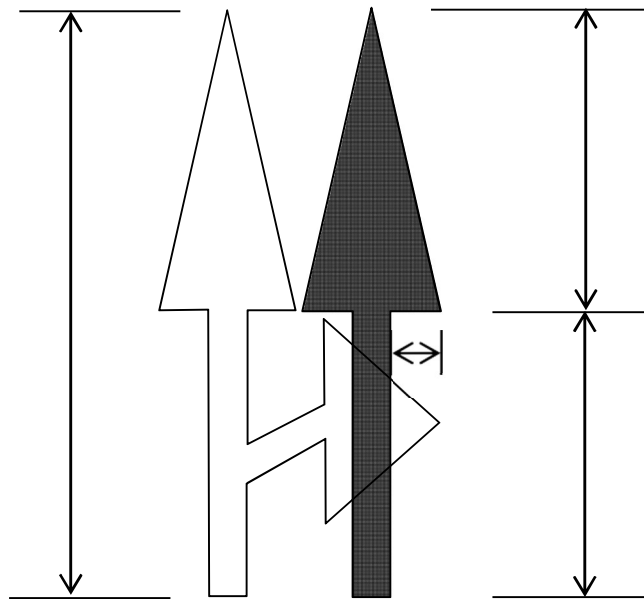


Figure 13-1 Flèche de sélection (1)

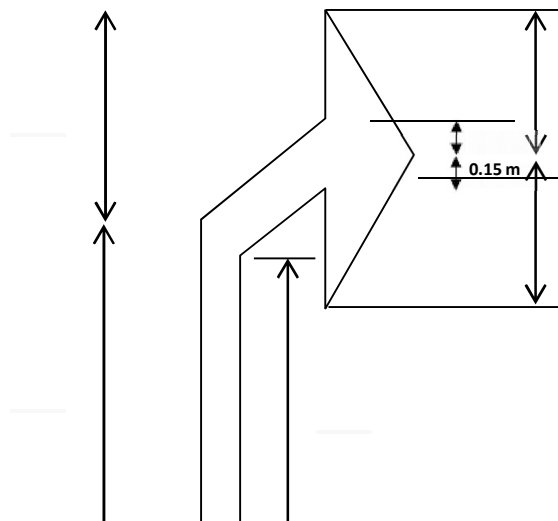


Figure 13-2 Flèche de sélection (2)

II. Marque sur la chaussée.

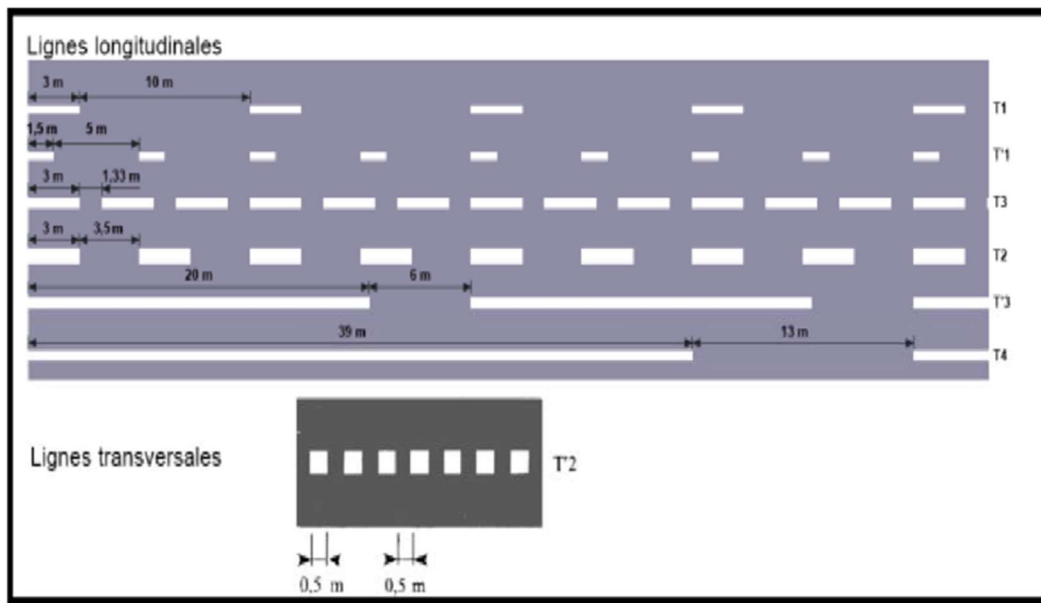


Figure 13-3 Marque sur la chaussée

13.5.1.1 Flèche de rabattement.

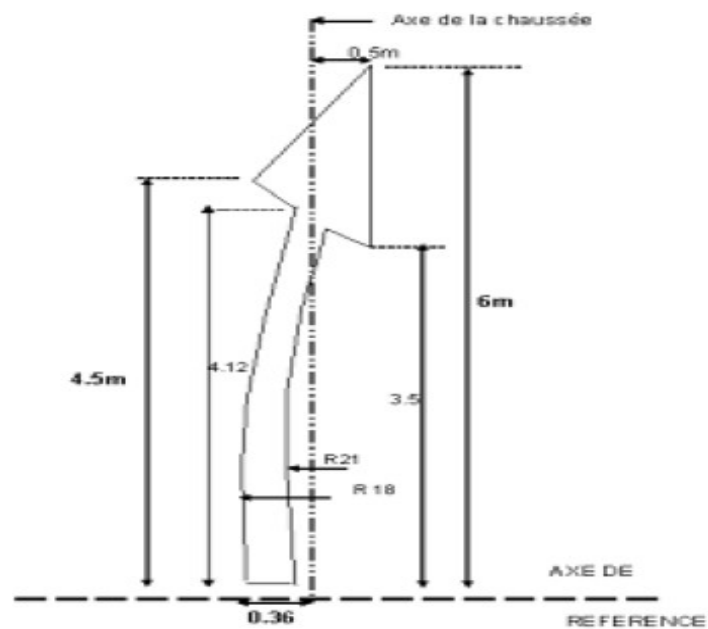


Figure 13-4 Flèche de rabattement.

13.5.1.2 Schéma de signalisation stop sur chaussée.

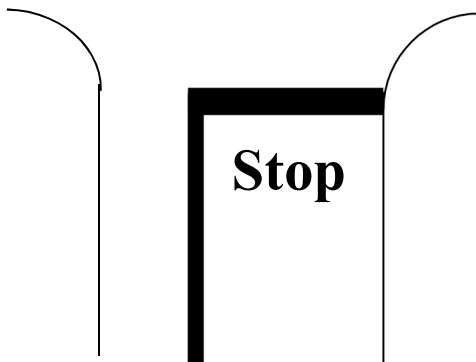


Figure 13-5 Schéma de signalisation stop

13.5.1.3 Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot).

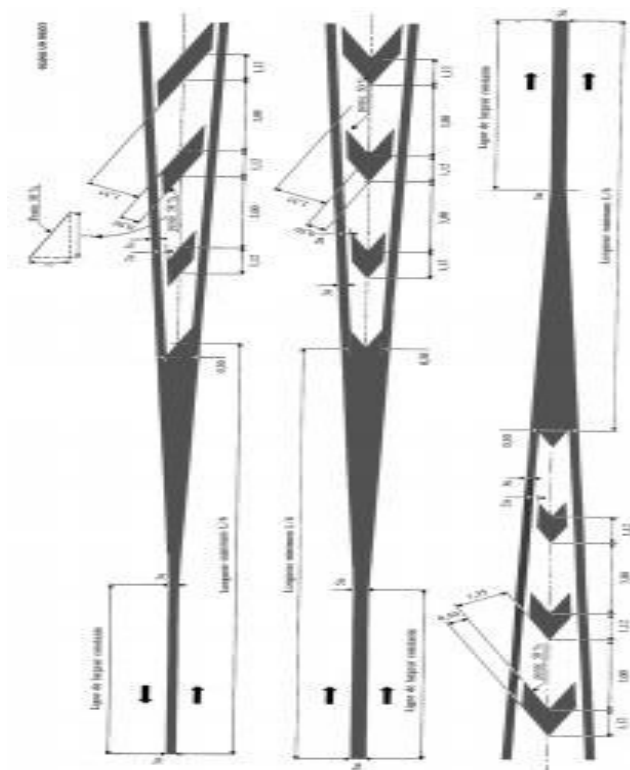
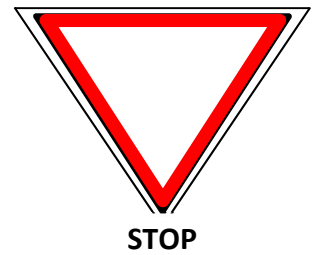
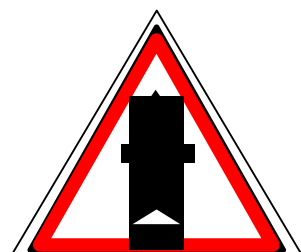


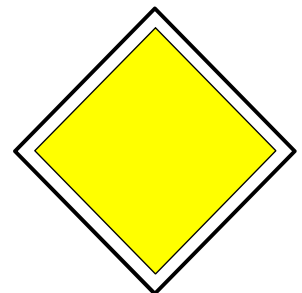
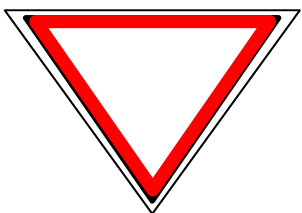
Figure 13-6 Schémas de marquage

13.5.2 Les signalisations verticales.

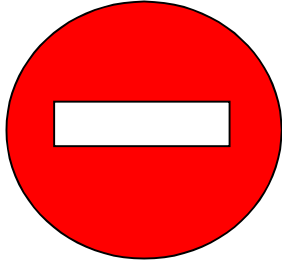
- **Plaques de signalisation :**



- **Les signaux d'intersection et de priorité type B.**



- Les signaux d'interdiction de type C :



- Les signaux d'obligation de type D.





13.5.2.1 *Panneaux spéciaux type A.*



Figure 13-7 Panneaux spéciaux type A.

13.5.2.2 Signaux d'identification des routes type E.



Figure 13-8 Signaux d'identification

13.6 Eclairage.

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

13.6.1 Catégorie d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

13.6.2 Paramètres d'implantation des luminaires

- ✓ L'espace (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et 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.

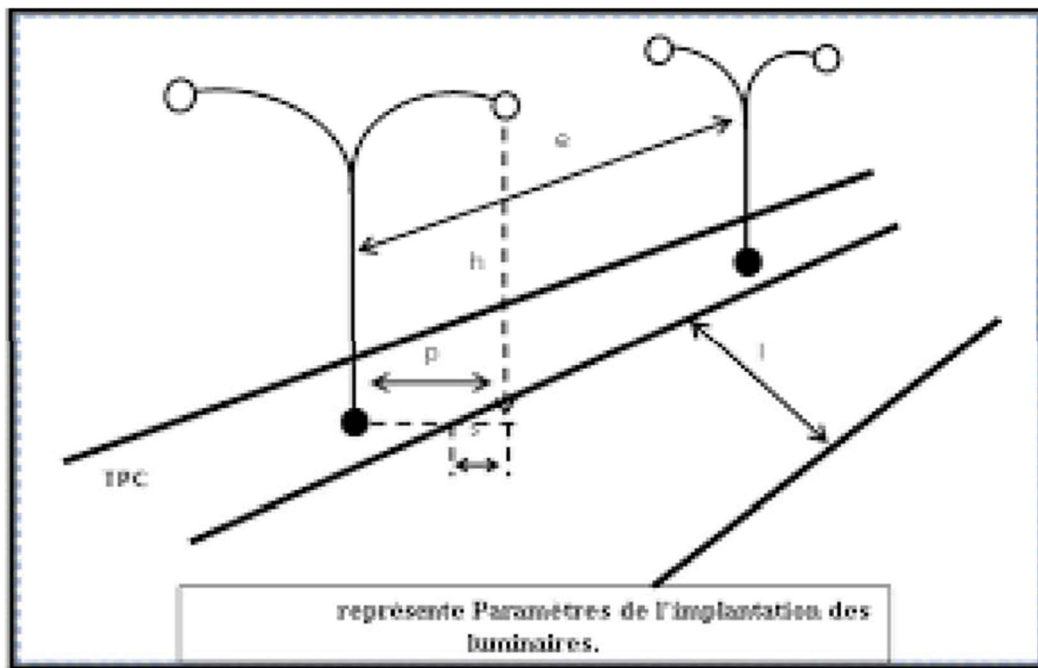


Figure 13-9 Paramètres d'implantation des luminaires.

13.6.3 Eclairage d'un point singulier

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situées 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 distinguée sans ambiguïté les obstacles.
- La sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

CONCLUSION GENERAL.

Ce projet de fin d'études dans le domaine des travaux publics et de la construction routière a été une expérience très enrichissante pour nous. Nous avons eu l'opportunité de mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université, et de résoudre de nombreux problèmes techniques et pratiques liés à la construction d'une route dans une zone désertique comme la wilaya de Tamanrasset.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions la majorité des problèmes techniques rencontrés lors de la réalisation de ce projet, sachant qu'un projet routier dans les zones sahariennes a ses propres spécificités et contraintes. Nous avons pu tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine des routes et des travaux publics en général, et apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet routier.

Nous avons essayé de respecter toutes les normes routières imposées par la B40, que nous ne pouvons pas négliger, tout en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et en prenant en considération le confort et la sécurité des usagers de la route, ainsi que l'économie et l'environnement. Cette approche nous a permis de concevoir une route qui répondait aux besoins des habitants de la région tout en préservant l'environnement.

Au-delà de la réalisation technique de ce projet, nous avons également amélioré notre maîtrise des outils informatiques, en particulier des logiciels AutoCAD et Covadis, ce qui nous sera utile dans notre future vie professionnelle. Nous avons également pris conscience de l'énorme potentiel que notre immense pays offre en matière de développement, ainsi que de l'importance de renforcer nos frontières avec les pays voisins pour sécuriser notre pays dans la conjoncture actuelle.

En somme, cette expérience nous a permis de mieux comprendre les enjeux et les défis du domaine des travaux publics et de la construction routière, et de développer des compétences techniques et pratiques qui seront très utiles dans notre vie professionnelle future. Nous sommes convaincus que ce projet a été une étape importante dans notre parcours universitaire, et que nous en retirerons de nombreux bénéfices pour l'avenir.

Bibliographie.

- B40 Normes Techniques d'Aménagement des Routes.
- Les cours de routes « 3ème année licence et 1ère année master » de l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- <https://www.cfmroches.org/sites/default/files/jngg/JNGG%202002%20B%20pp%20Morsly.pdf>.
- <https://clrtafrique.com/routes/communic.doc>, les routes sahariennes stratégie pour une maintenance et un entretien durables.
- <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Route%20transsaharienne/fr-fr/>.
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Route_transsaharienne.
https://clrtafrique.com/dossier/stage_tunisie/rts_non_revet/Les_routes_non_revetues_en_algerie.pdf.
- Mémoire de fin d'étude, Etude de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid-El Kerma Lot 2 du PK 05+000 au PK 09+000 (HALLAL Mohamed & GNAOUI Omar, Promo 2020).
- Projet de fin d'étude, Etude d'un tronçon routier de la RN 51 MENIA - OUARGLA (Du PK 142+000 AU PK 152+000) sur 10 Km (SOUILEM, Promo2019).
- Logiciels: Covadis, AutoCAD 2009 et Google earth.
- <https://fr.slideshare.net/ademLoup/catalogue-de-dimensionnement-des-chaussees-neuvesfascicule3-r>.
- Sites INTERNET: WWW. Google Earth.Com.
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Mémoire de fin d'étude, Etude d'un tronçon routier neuf évitement de la RN 17 AB de Sirat (DU PK 23+447 AU PK 26+400), HADDAR Med, promotion 2017.

- <https://iste-editions.fr/products/les-essais-in-situ-en-geotechnique> ; L'auteur Ingénieur et directeur du bureau d'étude géotechnique Gaia Tech, Jacques Monnet a enseigné les essais in situ à Poly Tech' Grenoble.
- Construction en terre focus sur la fabrication et la construction en blocs de terre Compressée.
- Définition d'essai équivalent de sable, Wikipédia.Code de bonne pratique.
- Définition d'essai de carbonate, Wikipédia.
- Figure prise du PDF, Code de bonne pratique, R 81/10, Edité par le Centre de recherches routières, Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947, Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles.
- Code de bonne pratique, R 81/10, Edité par le Centre de recherches routières, Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947, Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles.
- Projet de fin d'étude ; étude d'un tronçon autoroutier sur 6 Km avec étude d'un échangeur sur la RN03 Ain Touta-Batna ; Mehdaoui Belkacem et Reguieg Ismail promotion 2012.
- Marché N°: 22, du 31/12/2018, Opération N°: NE5.521.8.262.111.18.01, Intitule de l'opération : Réalisation de la route Silet - Tinzaouatine sur 367 km (2eme Tranche sur 207km), Direction des travaux publics Wilaya de Tamanrasset.

ANNEXE

COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL – DU PK 4+000 AU PK 5+000

Divers		Point d'axe		Altitude		Elément			Abscisse	Profil n°
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine		
-2.50	2.50	749252.995	2526332.809	304.453	304.179	AD	AD	Extremité	4000.000	P161
-2.50	2.50	749272.000	2526349.051	304.292	303.930	RP	AD	Interv	4025.000	P162
-2.50	2.50	749291.005	2526365.293	304.182	303.727	RP	AD	Interv	4050.000	P163
-2.50	2.50	749310.010	2526381.536	304.129	303.563	RP	AD	Interv	4075.000	P164
-2.50	2.50	749329.015	2526397.778	304.091	303.560	RP	AD	Interv	4100.000	P165
-2.50	2.50	749348.020	2526414.020	304.062	303.637	RP	AD	Interv	4125.000	P166
-2.50	2.50	749367.025	2526430.262	304.043	303.472	RP	AD	Interv	4150.000	P167
-2.50	2.50	749386.030	2526446.504	304.032	303.308	RP	AD	Interv	4175.000	P168
-2.50	2.50	749405.035	2526462.746	304.032	303.122	RP	AD	Interv	4200.000	P169
-2.50	2.50	749424.040	2526478.989	304.040	303.141	RP	AD	Interv	4225.000	P170
-2.50	2.50	749443.045	2526495.231	304.058	302.509	RP	AD	Interv	4250.000	P171
-2.50	2.50	749462.050	2526511.473	304.085	302.971	RP	AD	Interv	4275.000	P172
-2.50	2.50	749481.057	2526527.714	304.121	303.302	RP	Arc	Interv	4300.000	P173
-2.50	2.50	749500.259	2526543.721	304.167	303.261	RP	Arc	Interv	4325.000	P174
-2.50	2.50	749519.790	2526559.326	304.219	303.712	AD	Arc	Interv	4350.000	P175
-2.50	2.50	749539.643	2526574.520	304.272	304.033	AD	Arc	Interv	4375.000	P176
-2.50	2.50	749559.807	2526589.297	304.325	303.996	AD	Arc	Interv	4400.000	P177
-2.50	2.50	749580.275	2526603.651	304.378	304.235	AD	Arc	Interv	4425.000	P178
-2.50	2.50	749601.038	2526617.575	304.430	304.459	AD	Arc	Interv	4450.000	P179
-2.50	2.50	749622.086	2526631.064	304.463	304.479	AD	Arc	Interv	4475.000	P180
-2.50	2.50	749643.411	2526644.112	304.473	304.489	AD	Arc	Interv	4500.000	P181
-2.50	2.50	749665.003	2526656.712	304.482	304.481	AD	Arc	Interv	4525.000	P182
-2.50	2.50	749686.852	2526668.860	304.491	304.473	AD	Arc	Interv	4550.000	P183
-2.50	2.50	749708.950	2526680.550	304.500	304.446	AD	Arc	Interv	4575.000	P184
-2.50	2.50	749731.287	2526691.777	304.509	304.433	AD	Arc	Interv	4600.000	P185
-2.50	2.50	749753.853	2526702.537	304.519	304.403	AD	Arc	Interv	4625.000	P186
-2.50	2.50	749776.638	2526712.824	304.528	304.373	AD	Arc	Interv	4650.000	P187
-2.50	2.50	749799.632	2526722.634	304.537	304.378	AD	Arc	Interv	4675.000	P188
-2.50	2.50	749822.826	2526731.963	304.546	304.396	AD	Arc	Interv	4700.000	P189
-2.50	2.50	749846.209	2526740.807	304.555	304.343	AD	Arc	Interv	4725.000	P190
-2.50	2.50	749869.771	2526749.161	304.564	304.290	AD	Arc	Interv	4750.000	P191
-2.50	2.50	749893.502	2526757.024	304.574	304.515	AD	AD	Interv	4775.000	P192
-2.50	2.50	749917.309	2526764.655	304.583	304.591	RP	AD	Interv	4800.000	P193
-2.50	2.50	749941.116	2526772.286	304.531	304.420	AD	AD	Interv	4825.000	P194
-2.50	2.50	749964.969	2526779.770	304.472	304.207	AD	Arc	Interv	4850.000	P195
-2.50	2.50	749988.968	2526786.769	304.414	304.288	AD	Arc	Interv	4875.000	P196
-2.50	2.50	750013.109	2526793.267	304.356	304.179	AD	Arc	Interv	4900.000	P197
-2.50	2.50	750037.379	2526799.260	304.298	304.054	AD	Arc	Interv	4925.000	P198
-2.50	2.50	750061.730	2526804.922	304.240	303.903	AD	AD	Interv	4950.000	P199
-2.50	2.50	750086.082	2526810.577	304.182	303.856	AD	AD	Interv	4975.000	P200
-2.50	2.50	750110.434	2526816.232	304.124	303.595		AD	Extremité	5000.000	P201

COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL – DU PK 4+000 AU PK 5+000

Remblais					Déblais					Longueur d'application	Abscisse	Profil n°
Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)	Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)			
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	125.892	125.892	10.07	5.83	4.24	12.500	4000.000	P161
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	367.865	241.973	9.68	4.90	4.78	25.000	4025.000	P162
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	563.463	195.598	7.82	4.18	3.64	25.000	4050.000	P163
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	707.562	144.098	5.76	2.89	2.87	25.000	4075.000	P164
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	862.295	154.734	6.19	3.33	2.86	25.000	4100.000	P165
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1072.567	210.271	8.41	5.80	2.61	25.000	4125.000	P166
0.018	0.018	0.00	0.00	0.00	1202.437	129.870	5.19	4.19	1.00	25.000	4150.000	P167
26.215	26.197	1.05	0.09	0.96	1271.716	69.279	2.77	2.47	0.30	25.000	4175.000	P168
118.500	92.285	3.69	1.59	2.10	1283.674	11.958	0.48	0.37	0.11	25.000	4200.000	P169
360.749	242.249	9.69	1.64	8.05	1291.492	7.818	0.31	0.31	0.00	25.000	4225.000	P170
670.121	309.372	12.37	2.91	9.46	1301.017	9.526	0.38	0.38	0.00	25.000	4250.000	P171
868.897	198.776	7.95	3.70	4.26	1304.549	3.531	0.14	0.14	0.00	25.000	4275.000	P172
922.145	53.247	2.13	1.48	0.65	1320.072	15.523	0.62	0.30	0.32	25.000	4300.000	P173
1019.544	97.399	3.90	0.79	3.11	1347.690	27.618	1.10	1.04	0.07	25.000	4325.000	P174
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	1512.166	164.476	6.58	4.37	2.21	25.000	4350.000	P175
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	1831.759	319.594	12.78	6.34	6.45	25.000	4375.000	P176
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	2155.488	323.729	12.95	5.75	7.20	25.000	4400.000	P177
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	2507.238	351.750	14.07	4.98	9.09	25.000	4425.000	P178
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	2877.772	370.534	14.82	6.99	7.83	25.000	4450.000	P179
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	3301.578	423.806	16.95	8.69	8.27	25.000	4475.000	P180
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	3738.891	437.312	17.49	9.06	8.44	25.000	4500.000	P181
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	4166.512	427.621	17.10	8.85	8.25	25.000	4525.000	P182
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	4585.905	419.392	16.78	8.69	8.08	25.000	4550.000	P183
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	5014.098	428.193	17.13	9.00	8.13	25.000	4575.000	P184
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	5433.648	419.550	16.78	8.86	7.92	25.000	4600.000	P185
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	5830.560	396.913	15.88	8.43	7.44	25.000	4625.000	P186
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	6208.602	378.041	15.12	8.18	6.94	25.000	4650.000	P187
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	6578.058	369.457	14.78	8.53	6.24	25.000	4675.000	P188
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	6937.841	359.783	14.39	9.18	5.21	25.000	4700.000	P189
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	7300.432	362.591	14.50	10.16	4.34	25.000	4725.000	P190
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	7627.123	326.691	13.07	9.71	3.36	25.000	4750.000	P191
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	8023.223	396.100	15.84	11.92	3.93	25.000	4775.000	P192
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	8495.615	472.392	18.90	12.64	6.26	25.000	4800.000	P193
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	8999.232	503.617	20.14	14.60	5.54	25.000	4825.000	P194
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	9338.328	339.096	13.56	6.51	7.05	25.000	4850.000	P195
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	9717.542	379.214	15.17	8.01	7.16	25.000	4875.000	P196
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	10052.571	335.029	13.40	7.48	5.92	25.000	4900.000	P197
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	10369.234	316.663	12.67	7.22	5.45	25.000	4925.000	P198

1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	10632.980	263.746	10.55	6.13	4.42	25.000	4950.000	P199
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	10903.054	270.074	10.80	6.35	4.46	25.000	4975.000	P200
1019.544	0.000	0.00	0.00	0.00	10987.072	84.018	6.72	3.29	3.44	12.500	5000.000	P201

COVADIS - RECAPITULATIF DES TABULATIONS - DU PK 5+000 AU PK 6+000

Divers		Point d'axe		Altitude		Élément				
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine	Abscisse	Profil n°
-2.50	2.50	750110.434	2526816.232	304.124	303.595	AD	AD	Extremité	5000.000	P201
-2.50	2.50	750134.786	2526821.886	304.065	303.499	AD	AD	Interv	5025.000	P202
-2.50	2.50	750159.138	2526827.541	304.007	303.507	AD	AD	Interv	5050.000	P203
-2.50	2.50	750183.490	2526833.196	303.949	303.654	AD	AD	Interv	5075.000	P204
-2.50	2.50	750207.842	2526838.851	303.891	303.801	AD	AD	Interv	5100.000	P205
-2.50	2.50	750232.194	2526844.506	303.833	303.353	AD	AD	Interv	5125.000	P206
-2.50	2.50	750256.546	2526850.161	303.775	303.183	AD	AD	Interv	5150.000	P207
-2.50	2.50	750280.898	2526855.815	303.716	303.415	AD	AD	Interv	5175.000	P208
-2.50	2.50	750305.250	2526861.470	303.658	303.303	AD	AD	Interv	5200.000	P209
-2.50	2.50	750329.603	2526867.125	303.600	303.607	RP	AD	Interv	5225.000	P210
-2.50	2.50	750353.955	2526872.780	303.497	303.544	RP	AD	Interv	5250.000	P211
-2.50	2.50	750378.307	2526878.435	303.309	302.924	RP	AD	Interv	5275.000	P212
-2.50	2.50	750402.659	2526884.090	303.079	302.656	AD	AD	Interv	5300.000	P213
-2.50	2.50	750427.011	2526889.745	302.849	302.327	AD	AD	Interv	5325.000	P214
-2.50	2.50	750451.363	2526895.399	302.619	302.149	AD	AD	Interv	5350.000	P215
-2.50	2.50	750475.715	2526901.054	302.388	301.896	AD	AD	Interv	5375.000	P216
-2.50	2.50	750500.067	2526906.709	302.158	301.764	AD	AD	Interv	5400.000	P217
-2.50	2.50	750524.419	2526912.364	301.928	301.612	AD	AD	Interv	5425.000	P218
-2.50	2.50	750548.771	2526918.019	301.698	301.505	AD	AD	Interv	5450.000	P219
-2.50	2.50	750573.123	2526923.674	301.467	301.272	AD	AD	Interv	5475.000	P220
-2.50	2.50	750597.475	2526929.328	301.237	301.056	AD	AD	Interv	5500.000	P221
-2.50	2.50	750621.827	2526934.983	301.007	300.857	AD	AD	Interv	5525.000	P222
-2.50	2.50	750646.179	2526940.638	300.777	300.659	AD	AD	Interv	5550.000	P223
-2.50	2.50	750670.531	2526946.293	300.546	300.461	AD	AD	Interv	5575.000	P224
-2.50	2.50	750694.883	2526951.948	300.316	300.263	RP	AD	Interv	5600.000	P225
-2.50	2.50	750719.235	2526957.603	300.146	300.094	RP	AD	Interv	5625.000	P226
-2.50	2.50	750743.588	2526963.257	300.081	300.054	RP	AD	Interv	5650.000	P227
-2.50	2.50	750767.940	2526968.912	300.071	300.015	AD	AD	Interv	5675.000	P228
-2.50	2.50	750792.292	2526974.567	300.061	299.973	AD	AD	Interv	5700.000	P229
-2.50	2.50	750816.644	2526980.222	300.051	299.906	AD	AD	Interv	5725.000	P230
-2.50	2.50	750110.434	2526816.232	304.124	303.595	AD	Clo	Interv	5750.000	P231
-0.55	2.50	750134.786	2526821.886	304.065	303.499	AD	Clo	Interv	5775.000	P232
1.45	2.50	750159.138	2526827.541	304.007	303.507	AD	Clo	Interv	5800.000	P233
3.45	3.45	750183.490	2526833.196	303.949	303.654	AD	Clo	Interv	5825.000	P234
4.00	4.00	750207.842	2526838.851	303.891	303.801	AD	Arc	Interv	5850.000	P235
4.00	4.00	750232.194	2526844.506	303.833	303.353	RP	Arc	Interv	5875.000	P236
4.00	4.00	750256.546	2526850.161	303.775	303.183	RP	Arc	Interv	5900.000	P237
3.59	3.59	750280.898	2526855.815	303.716	303.415	RP	AD	Interv	5925.000	P238
1.59	2.50	750305.250	2526861.470	303.658	303.303	RP	AD	Interv	5950.000	P239

-0.41	2.50	750329.603	2526867.125	303.600	303.607	RP	AD	Interv	5975.000	P240
-2.41	2.50	750353.955	2526872.780	303.497	303.544		AD	Extremité	6000.000	P241

COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL – DU PK 5+000 AU PK 6+000

Remblais					Déblais					Longueur d'application	Abscisse	Profil n°
Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)	Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)			
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	84.018	84.018	6.72	3.29	3.44	12.500	5000.000	P201
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	213.526	129.508	5.18	3.16	2.02	25.000	5025.000	P202
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	387.764	174.239	6.97	3.18	3.79	25.000	5050.000	P203
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	656.900	269.135	10.77	5.33	5.43	25.000	5075.000	P204
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	986.765	329.865	13.19	7.73	5.46	25.000	5100.000	P205
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1136.426	149.661	5.99	2.38	3.60	25.000	5125.000	P206
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1300.192	163.766	6.55	3.58	2.97	25.000	5150.000	P207
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1578.324	278.132	11.13	6.53	4.60	25.000	5175.000	P208
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1833.215	254.891	10.20	5.80	4.39	25.000	5200.000	P209
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	2293.962	460.747	18.43	13.62	4.81	25.000	5225.000	P210
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	2971.643	677.682	27.11	21.08	6.03	25.000	5250.000	P211
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	3210.828	239.185	9.57	6.09	3.47	25.000	5275.000	P212
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	3415.731	204.903	8.20	4.67	3.53	25.000	5300.000	P213
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	3561.932	146.201	5.85	2.92	2.92	25.000	5325.000	P214
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	3765.149	203.217	8.13	5.47	2.66	25.000	5350.000	P215
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	3942.388	177.239	7.09	4.98	2.11	25.000	5375.000	P216
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	4172.667	230.279	9.21	5.23	3.98	25.000	5400.000	P217
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	4470.237	297.570	11.90	6.32	5.58	25.000	5425.000	P218
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	4817.785	347.548	13.90	7.19	6.71	25.000	5450.000	P219
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	5166.928	349.143	13.97	7.16	6.81	25.000	5475.000	P220
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	5522.488	355.560	14.22	7.13	7.09	25.000	5500.000	P221
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	5888.274	365.786	14.63	7.27	7.36	25.000	5525.000	P222
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	6268.998	380.723	15.23	7.62	7.61	25.000	5550.000	P223
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	6664.787	395.789	15.83	7.99	7.84	25.000	5575.000	P224
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	7074.930	410.143	16.41	8.37	8.04	25.000	5600.000	P225
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	7479.641	404.711	16.19	8.40	7.79	25.000	5625.000	P226
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	7882.554	402.912	16.12	8.71	7.40	25.000	5650.000	P227
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	8248.950	366.397	14.66	8.37	6.29	25.000	5675.000	P228
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	8576.669	327.719	13.11	8.01	5.10	25.000	5700.000	P229
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	8877.675	301.006	12.04	7.65	4.39	25.000	5725.000	P230
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	9231.335	353.660	14.15	8.28	5.87	25.000	5750.000	P231
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	9595.487	364.153	14.57	7.96	6.60	25.000	5775.000	P232
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	9957.142	361.655	14.47	7.62	6.85	25.000	5800.000	P233
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	10265.633	308.491	12.34	5.71	6.63	25.000	5825.000	P234
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	10560.977	295.344	11.81	5.00	6.82	25.000	5850.000	P235
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	10807.486	246.509	9.86	4.10	5.76	25.000	5875.000	P236
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	10997.109	189.624	7.58	2.88	4.71	25.000	5900.000	P237
0.768	0.768	0.03	0.03	0.00	11121.903	124.793	4.99	1.18	3.81	25.000	5925.000	P238

0.768	0.000	0.00	0.00	0.00	11205.217	83.314	3.33	1.07	2.26	25.000	5950.000	P239
0.768	0.000	0.00	0.00	0.00	11270.058	64.841	2.59	1.23	1.36	25.000	5975.000	P240
1.013	0.245	0.02	0.00	0.02	11294.971	24.913	1.99	1.51	0.48	12.500	6000.000	P241

COVADIS - RECAPITULATIF DES TABULATIONS - DU PK 6+000 AU PK 7+000

Divers		Point d'axe		Altitude		Élément			Abscisse	Profil n°
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine		
-2.41	2.50	751088.882	2527004.488	300.118	299.523	RP	AD	Extremité	6000.000	P241
-2.50	2.50	751113.801	2527002.472	300.115	299.208	RP	AD	Interv	6025.000	P242
-2.50	2.50	751138.718	2527000.436	300.105	299.292	RP	AD	Interv	6050.000	P243
-2.50	2.50	751163.635	2526998.400	300.086	299.169	AD	AD	Interv	6075.000	P244
-2.50	2.50	751188.552	2526996.364	300.066	299.477	AD	AD	Interv	6100.000	P245
-2.50	2.50	751213.469	2526994.327	300.047	299.705	AD	AD	Interv	6125.000	P246
-2.50	2.50	751238.386	2526992.291	300.046	299.867	RP	AD	Interv	6150.000	P247
-2.50	2.50	751263.304	2526990.275	300.224	300.109	AD	AD	Interv	6175.000	P248
-2.50	2.50	751288.224	2526988.281	300.416	300.179	AD	AD	Interv	6200.000	P249
-2.50	2.50	751313.145	2526986.287	300.607	300.026	AD	AD	Interv	6225.000	P250
-2.50	2.50	751338.065	2526984.293	300.799	300.182	AD	AD	Interv	6250.000	P251
-2.50	2.50	751362.986	2526982.299	300.978	300.052	RP	AD	Interv	6275.000	P252
-2.50	2.50	751387.906	2526980.305	300.927	299.737	RP	AD	Interv	6300.000	P253
-2.50	2.50	751412.826	2526978.311	300.584	299.524	AD	AD	Interv	6325.000	P254
-2.50	2.50	751437.747	2526976.316	300.164	299.471	AD	AD	Interv	6350.000	P255
-2.50	2.50	751462.667	2526974.322	299.743	299.194	AD	AD	Interv	6375.000	P256
-2.50	2.50	751487.587	2526972.328	299.323	298.887	AD	AD	Interv	6400.000	P257
-2.50	2.50	751512.508	2526970.334	298.903	298.581	AD	AD	Interv	6425.000	P258
-2.50	2.50	751537.428	2526968.340	298.483	298.286	AD	AD	Interv	6450.000	P259
-2.50	2.50	751562.348	2526966.346	298.063	297.982	AD	AD	Interv	6475.000	P260
-2.50	2.50	751587.269	2526964.351	297.668	297.365	RP	AD	Interv	6500.000	P261
-2.50	2.50	751612.189	2526962.357	297.369	297.166	AD	AD	Interv	6525.000	P262
-2.50	2.50	751637.109	2526960.363	297.103	297.052	AD	AD	Interv	6550.000	P263
-2.50	2.50	751662.030	2526958.369	296.837	296.688	AD	AD	Interv	6575.000	P264
-2.50	2.50	751686.950	2526956.375	296.573	296.324	RP	AD	Interv	6600.000	P265
-2.50	2.50	751711.870	2526954.381	296.324	296.001	RP	AD	Interv	6625.000	P266
-2.50	2.50	751736.791	2526952.387	296.094	295.688	RP	AD	Interv	6650.000	P267
-2.50	2.50	751761.711	2526950.392	295.883	295.389	RP	AD	Interv	6675.000	P268
-2.50	2.50	751786.631	2526948.398	295.691	295.106	RP	AD	Interv	6700.000	P269
-2.50	2.50	751811.552	2526946.404	295.518	294.824	RP	AD	Interv	6725.000	P270
-2.50	2.50	751836.471	2526944.394	295.364	294.528	RP	AD	Interv	6750.000	P271
-2.50	2.50	751861.389	2526942.374	295.229	294.177	RP	AD	Interv	6775.000	P272
-2.50	2.50	751886.307	2526940.353	295.112	293.777	RP	AD	Interv	6800.000	P273
-2.50	2.50	751911.225	2526938.333	295.015	293.674	RP	AD	Interv	6825.000	P274
-2.50	2.50	751936.144	2526936.313	294.937	293.911	RP	AD	Interv	6850.000	P275
-2.50	2.50	751961.062	2526934.292	294.877	294.288	RP	AD	Interv	6875.000	P276
-2.50	2.50	751985.980	2526932.272	294.836	294.184	RP	AD	Interv	6900.000	P277
-2.50	2.50	752010.898	2526930.252	294.815	294.258	RP	AD	Interv	6925.000	P278
-2.50	2.50	752035.817	2526928.231	294.812	294.235	RP	AD	Interv	6950.000	P279

-2.50	2.50	752060.735	2526926.211	294.828	294.200	RP	AD	Interv	6975.000	P280
-2.50	2.50	752085.653	2526924.191	294.864	294.175	RP	AD	Extremité	7000.000	P281

COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL – DU PK 6+000 AU PK 7+000

Remblais					Déblais					Longueur d'application	Abscisse	Profil n°
Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)	Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)			
0.235	0.235	0.02	0.00	0.02	25.816	25.816	2.07	1.58	0.48	12.500	6000.000	P241
70.473	70.238	2.81	2.15	0.66	56.143	30.327	1.21	0.32	0.89	25.000	6025.000	P242
130.125	59.651	2.39	1.20	1.19	75.073	18.930	0.76	0.42	0.33	25.000	6050.000	P243
229.344	99.219	3.97	1.17	2.80	90.230	15.157	0.61	0.47	0.13	25.000	6075.000	P244
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	194.861	104.631	4.19	1.87	2.31	25.000	6100.000	P245
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	370.596	175.735	7.03	1.89	5.14	25.000	6125.000	P246
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	777.655	407.059	16.28	6.46	9.82	25.000	6150.000	P247
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	1163.619	385.964	15.44	7.62	7.82	25.000	6175.000	P248
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	1485.784	322.166	12.89	6.09	6.80	25.000	6200.000	P249
229.344	0.000	0.00	0.00	0.00	1646.806	161.022	6.44	1.65	4.79	25.000	6225.000	P250
261.311	31.968	1.28	1.28	0.00	1704.440	57.634	2.31	0.16	2.14	25.000	6250.000	P251
389.498	128.187	5.13	3.60	1.53	1714.399	9.960	0.40	0.04	0.36	25.000	6275.000	P252
618.468	228.970	9.16	5.56	3.60	1721.937	7.537	0.30	0.00	0.30	25.000	6300.000	P253
790.134	171.666	6.87	5.02	1.85	1738.089	16.152	0.65	0.00	0.65	25.000	6325.000	P254
809.441	19.307	0.77	0.70	0.08	1792.348	54.259	2.17	0.26	1.91	25.000	6350.000	P255
812.068	2.627	0.11	0.11	0.00	1897.527	105.179	4.21	0.98	3.22	25.000	6375.000	P256
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	2054.326	156.799	6.27	1.59	4.68	25.000	6400.000	P257
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	2275.922	221.596	8.86	2.67	6.19	25.000	6425.000	P258
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	2571.821	295.898	11.84	4.10	7.73	25.000	6450.000	P259
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	2926.193	354.372	14.17	4.80	9.37	25.000	6475.000	P260
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	3245.918	319.725	12.79	5.10	7.69	25.000	6500.000	P261
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	3589.063	343.145	13.73	6.31	7.42	25.000	6525.000	P262
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	3980.246	391.183	15.65	6.99	8.66	25.000	6550.000	P263
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	4304.859	324.612	12.98	5.48	7.50	25.000	6575.000	P264
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	4566.437	261.578	10.46	4.11	6.35	25.000	6600.000	P265
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	4761.750	195.313	7.81	2.63	5.18	25.000	6625.000	P266
812.068	0.000	0.00	0.00	0.00	4897.654	135.904	5.44	1.32	4.11	25.000	6650.000	P267
818.304	6.236	0.25	0.25	0.00	4991.563	93.909	3.76	0.67	3.08	25.000	6675.000	P268
841.729	23.425	0.94	0.94	0.00	5047.840	56.277	2.25	0.29	1.96	25.000	6700.000	P269
895.332	53.603	2.14	1.96	0.19	5068.953	21.113	0.84	0.16	0.69	25.000	6725.000	P270
1016.045	120.713	4.83	2.60	2.23	5075.521	6.568	0.26	0.13	0.13	25.000	6750.000	P271
1189.113	173.068	6.92	2.90	4.02	5081.584	6.063	0.24	0.21	0.03	25.000	6775.000	P272
1496.676	307.563	12.30	5.08	7.22	5083.550	1.966	0.08	0.08	0.00	25.000	6800.000	P273
1817.540	320.864	12.83	5.82	7.01	5083.550	0.000	0.00	0.00	0.00	25.000	6825.000	P274
1970.365	152.825	6.11	2.49	3.62	5091.600	8.050	0.32	0.30	0.02	25.000	6850.000	P275
2059.727	89.362	3.57	0.00	3.57	5192.429	100.830	4.03	4.03	0.00	25.000	6875.000	P276
2063.618	3.891	0.16	0.01	0.15	5237.899	45.469	1.82	1.39	0.43	25.000	6900.000	P277
2063.742	0.123	0.00	0.00	0.00	5301.801	63.902	2.56	1.01	1.55	25.000	6925.000	P278

2063.742	0.000	0.00	0.00	0.00	5399.019	97.218	3.89	2.30	1.59	25.000	6950.000	P279
2065.016	1.274	0.05	0.04	0.01	5503.039	104.020	4.16	2.93	1.23	25.000	6975.000	P280
2068.529	3.513	0.28	0.17	0.11	5548.509	45.470	3.64	2.78	0.86	12.500	7000.000	P281

COVADIS - RECAPITULATIF DES TABULATIONS - DU PK 7+000 AU PK 8+000

Divers		Point d'axe		Altitude		Élément			Abscisse	Profil n°
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine		
-2.50	2.50	752085.653	2526924.191	294.864	294.175	RP	AD	Extremité	7000.000	P281
-2.50	2.50	752110.577	2526922.248	294.918	294.253	RP	Arc	Interv	7025.000	P282
-2.50	2.50	752135.529	2526920.707	294.991	294.322	RP	Arc	Interv	7050.000	P283
-2.50	2.50	752160.504	2526919.591	295.083	294.539	RP	Arc	Interv	7075.000	P284
-2.50	2.50	752185.494	2526918.901	295.194	294.767	RP	Arc	Interv	7100.000	P285
-2.50	2.50	752210.493	2526918.638	295.321	295.003	AD	Arc	Interv	7125.000	P286
-2.50	2.50	752235.492	2526918.801	295.451	295.159	AD	Arc	Interv	7150.000	P287
-2.50	2.50	752260.485	2526919.390	295.580	295.310	AD	Arc	Interv	7175.000	P288
-2.50	2.50	752285.464	2526920.405	295.710	295.458	AD	Arc	Interv	7200.000	P289
-2.50	2.50	752310.422	2526921.846	295.839	295.593	AD	Arc	Interv	7225.000	P290
-2.50	2.50	752335.352	2526923.713	295.969	295.711	AD	Arc	Interv	7250.000	P291
-2.50	2.50	752360.246	2526926.004	296.098	295.808	AD	Arc	Interv	7275.000	P292
-2.50	2.50	752385.098	2526928.720	296.228	295.907	AD	Arc	Interv	7300.000	P293
-2.50	2.50	752409.900	2526931.859	296.357	296.031	AD	Arc	Interv	7325.000	P294
-2.50	2.50	752434.643	2526935.432	296.487	296.213	AD	AD	Interv	7350.000	P295
-2.50	2.50	752459.320	2526939.434	296.616	296.380	AD	AD	Interv	7375.000	P296
-2.50	2.50	752483.998	2526943.436	296.746	296.472	AD	AD	Interv	7400.000	P297
-2.50	2.50	752508.675	2526947.438	296.875	296.561	AD	AD	Interv	7425.000	P298
-2.50	2.50	752533.353	2526951.440	297.005	296.670	AD	AD	Interv	7450.000	P299
-2.50	2.50	752558.031	2526955.442	297.134	296.800	AD	AD	Interv	7475.000	P300
-2.50	2.50	752582.708	2526959.444	297.264	296.931	AD	AD	Interv	7500.000	P301
-2.50	2.50	752607.386	2526963.446	297.393	297.055	AD	AD	Interv	7525.000	P302
-2.50	2.50	752632.063	2526967.448	297.523	297.184	AD	AD	Interv	7550.000	P303
-2.50	2.50	752656.741	2526971.450	297.652	297.339	AD	AD	Interv	7575.000	P304
-2.50	2.50	752681.419	2526975.452	297.782	297.508	AD	AD	Interv	7600.000	P305
-2.50	2.50	752706.096	2526979.454	297.911	297.698	AD	AD	Interv	7625.000	P306
-2.50	2.50	752730.774	2526983.456	298.041	298.340	AD	AD	Interv	7650.000	P307
-2.50	2.50	752755.451	2526987.458	298.170	298.008	AD	AD	Interv	7675.000	P308
-2.50	2.50	752780.129	2526991.460	298.300	297.968	AD	AD	Interv	7700.000	P309
-2.50	2.50	752804.807	2526995.462	298.429	297.817	AD	AD	Interv	7725.000	P310
-2.50	2.50	752829.484	2526999.464	298.559	297.826		AD	Extremité	7750.000	P281
-2.50	2.50	752854.162	2527003.466	298.688	297.872	RP	Arc	Interv	7775.000	P282
-2.50	2.50	752878.848	2527007.415	298.818	297.973	RP	Arc	Interv	7800.000	P283
-2.50	2.50	752903.534	2527011.364	298.947	298.128	RP	Arc	Interv	7825.000	P284
-2.50	2.50	752928.220	2527015.313	299.077	298.323	RP	Arc	Interv	7850.000	P285
-2.50	2.50	752952.906	2527019.262	299.206	298.551	AD	Arc	Interv	7875.000	P286
-2.50	2.50	752977.593	2527023.211	299.336	298.802	AD	Arc	Interv	7900.000	P287
-2.50	2.50	753002.279	2527027.160	299.465	299.082	AD	Arc	Interv	7925.000	P288
-2.50	2.50	753026.970	2527031.076	299.595	299.363	AD	Arc	Interv	7950.000	P289

-2.50	2.50	753051.661	2527034.992	299.724	299.571	AD	Arc	Interv	7975.000	P290
-2.50	2.50	753076.353	2527038.909	299.854	299.691	AD	Arc	Interv	8000.000	P291

COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMBLAI PAR PROFIL – DU PK 7+000 AU PK 8+000

Remblais					Déblais					Longueur d'application	Abscisse	Profil n°
Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)	Cumul Vol. (m³)	Volume (m³)	Surf. Tot (m²)	Surf. D (m²)	Surf. G (m²)			
2068.529	3.513	0.28	0.17	0.11	5548.509	45.470	3.64	2.78	0.86	12.500	7000.000	P281
4.752	4.752	0.19	0.14	0.05	98.792	98.792	3.95	2.40	1.55	25.000	7025.000	P282
9.663	4.911	0.20	0.18	0.02	192.905	94.113	3.76	1.41	2.35	25.000	7050.000	P283
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	343.696	150.791	6.03	1.73	4.30	25.000	7075.000	P284
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	570.619	226.923	9.08	2.56	6.52	25.000	7100.000	P285
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	732.164	161.545	6.46	4.25	2.21	25.000	7125.000	P286
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	988.118	255.955	10.24	2.85	7.39	25.000	7150.000	P287
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	1307.974	319.856	12.79	4.57	8.23	25.000	7175.000	P288
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	1701.857	393.883	15.76	7.13	8.63	25.000	7200.000	P289
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	2053.104	351.247	14.05	5.95	8.10	25.000	7225.000	P290
9.663	0.000	0.00	0.00	0.00	2347.197	294.094	11.76	5.00	6.76	25.000	7250.000	P291
9.845	0.182	0.01	0.00	0.01	2546.081	198.884	7.96	3.11	4.85	25.000	7275.000	P292
18.712	8.867	0.35	0.00	0.35	2674.927	128.846	5.15	2.62	2.53	25.000	7300.000	P293
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	2875.366	200.439	8.02	3.27	4.74	25.000	7325.000	P294
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	3133.872	258.506	10.34	4.43	5.91	25.000	7350.000	P295
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	3456.292	322.420	12.90	5.94	6.96	25.000	7375.000	P296
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	3738.996	282.703	11.31	4.81	6.50	25.000	7400.000	P297
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	3983.510	244.514	9.78	4.01	5.77	25.000	7425.000	P298
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	4184.337	200.828	8.03	3.08	4.95	25.000	7450.000	P299
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	4357.900	173.563	6.94	2.20	4.75	25.000	7475.000	P300
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	4510.808	152.908	6.12	1.65	4.47	25.000	7500.000	P301
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	4686.146	175.338	7.01	2.62	4.39	25.000	7525.000	P302
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	4890.290	204.144	8.17	3.83	4.33	25.000	7550.000	P303
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	5102.703	212.413	8.50	4.21	4.28	25.000	7575.000	P304
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	5311.898	209.195	8.37	3.91	4.46	25.000	7600.000	P305
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	5589.980	278.082	11.12	4.30	6.82	25.000	7625.000	P306
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	6262.246	672.266	26.89	15.68	11.21	25.000	7650.000	P307
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	6686.914	424.668	16.99	10.09	6.90	25.000	7675.000	P308
18.712	0.000	0.00	0.00	0.00	6901.324	214.410	8.58	4.68	3.90	25.000	7700.000	P309
19.050	0.338	0.01	0.00	0.01	6977.279	75.955	3.04	2.06	0.97	25.000	7725.000	P310
38.231	19.181	0.77	0.24	0.53	7004.566	27.287	1.09	0.76	0.33	25.000	7750.000	P311
85.634	47.403	1.90	0.72	1.17	7029.099	24.533	0.98	0.62	0.36	25.000	7775.000	P312
147.884	62.249	2.49	1.16	1.33	7047.596	18.497	0.74	0.43	0.31	25.000	7800.000	P313
203.860	55.976	2.24	0.81	1.43	7067.909	20.313	0.81	0.45	0.36	25.000	7825.000	P314
230.131	26.272	1.05	0.33	0.73	7103.540	35.632	1.43	0.90	0.52	25.000	7850.000	P315
233.734	3.603	0.14	0.03	0.11	7176.451	72.911	2.92	1.76	1.16	25.000	7875.000	P316
236.225	2.491	0.10	0.10	0.00	7280.410	103.959	4.16	2.13	2.03	25.000	7900.000	P317
250.234	14.009	0.56	0.56	0.00	7446.890	166.480	6.66	2.97	3.69	25.000	7925.000	P318
256.751	6.517	0.26	0.26	0.00	7661.971	215.082	8.60	3.28	5.33	25.000	7950.000	P319
271.007	14.256	0.57	0.57	0.00	7893.643	231.671	9.27	2.73	6.54	25.000	7975.000	P320

271.007	0.000	0.00	0.00	0.00	8037.989	144.346	11.55	4.39	7.16	12.500	8000.000	P321
---------	-------	------	------	------	----------	---------	-------	------	------	--------	----------	------