



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Civil engineering department



N° d'ordre : M ...../GCA/2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière : Travaux Publics**

**Spécialité : VOA**

*Thème*

**ETUDE DE RENFORCEMENT ET DE DEDOUBLEMENT DE LA  
ROUTE NATIONALE 01 ENTRE TAMANRASSET ET L'AEROPORT  
LOT N° 03 DU PK 08 + 000 AU PK 12 + 000**

**Présenté par :**

-Mme. MEHAL KHIERA

-M. CHERKAOUI MOHAMED EL BACHIR

***Soutenu le 18/ 06/ 2023 devant le jury composé de :***

**Président : M. KERAOUTI Rabeh**

**Examineur : M. TALIA Ahmed**

**Encadreur : M. ROUAM SERIK Mohamed**

**Année Universitaire : 2022/2023**

# Remerciements

*Au début nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté le Courage et aussi patience de faire et d'entreprendre n'importe quel travail ou une action.*

*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 permet*

*D'accomplir notre travail de fin d'étude.*

*Nos remerciements s'adressent aux membres de jury qui*

*Ont accepté de juger ce modeste travail.*

*Nous remercions tous nos enseignants durant tout notre cursus universitaire.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de Loin, ont contribué à l'élaboration de travail.*

# Dédicaces

*Tous d'abord je remercie le dieu tout puissant et tous avoir  
donné la sante et la volonté, et tous ceux qui ont contribués à la  
Réalisation de ce travail.*

*Je voudrais dédie le travail tous spécialement à ma chère  
mère Et mon petit fils Mohamed.*

*Je dédie ce travail à mon marie, mes frères et ma sœur.*

*Et toute qui m'aime.*

# Dédicaces

*Tous d'abord je remercie le dieu tout puissant et tous avoir  
donné la sante et la volonté, et tous ceux qui ont contribués à la  
Réalisation de ce travail.*

*Je voudrais dédie ce travail tous spécialement à mes chers  
parents Et mes fils.*

# Résumé

*Le programme de relance économique, qui vise le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et qui est intéressé à améliorer et développer des infrastructures de qualité qui permettent d'offrir les meilleurs services aux usagers de la route répondant ainsi à l'offre et la demande de transport.*

*Sachant très bien que notre pays souffre énormément de problèmes de circulation, ce projet donne un nouveau souffle à notre économie, notre étude consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier (RN01) sur 4 kms qui se situe dans la Wilaya de Tamanrasset (entre Tamanrasset et l'Aéroport sur 04Km).*

*Pour notre étude, avons rigoureusement appliqué toutes les lignes directrices et recommandations relatives à la route pour contres les contraintes existantes sur le terrain.*

*En outre, la principale préoccupation qui à guidé notre modeste travail à été d'abord la prise en compte du confort et de la sécurité des usagers dans une deuxième fois l'économie et l'aspect environnementale lie à l'impact de la réalisation de cette route.*

*Ce projet nous à permis de franchir un grand pas vers l'avenir professionnel.*

## ملخص

يعطي برنامج الانتعاش الاقتصادي، الذي يهدف إلى التنمية المستدامة للبلاد، مكانًا مهمًا واهتمامًا كبيرًا بمجال الأشغال العامة، والذي يهتم بتحسين وتطوير البنى التحتية النوعية التي تجعل من الممكن تقديم أفضل الخدمات إلى مستخدمي الطريق وبالتالي يستجيبون للعرض والطلب على النقل.

مع العلم جيدًا أن بلدنا يعاني بشكل كبير من مشاكل المرور، فإن هذا المشروع يعطي حياة جديدة لاقتصادنا، وتتمثل دراستنا في تصميم ازدواجية مقطع طريق (RNO1) على مسافة 4 كيلومترات يقع في ولاية تمنراست (بين تمنراست والمطار لـ 04 كم).

بالنسبة لدراستنا، طبقنا بصرامة جميع الإرشادات والتوصيات المتعلقة بالطريق لمواجهة القيود الحالية على أرض الواقع.

بالإضافة إلى ذلك، كان الشاغل الرئيسي الذي وجه عملنا المتواضع هو أولاً مراعاة راحة وسلامة المستخدمين، ثم الاقتصاد والجانب البيئي المرتبطين بتأثير تحقيق هذا المسار.

سمح لنا هذا المشروع باتخاذ خطوة كبيرة نحو المستقبل المهني.

# Abstract

*The economic recovery program, which aims for the sustainable development of the country, gives an important place and a great interest to the field of public works, and which is interested in improving and developing quality infrastructures which make it possible to offer the best services to users. of the road thus responding to the supply and demand of transport*

*Knowing very well that our country suffers enormously from traffic problems, this project gives a new breath to our economy, our study consists in designing the duplication of a road section (RN01) over 4 kms which is located in the Wilaya of Tamanrasset (between Tamanrasset and the Airport for 04Km).*

*For our study, we rigorously applied all the guidelines and recommendations relating to the road to counter the existing constraints on the ground.*

*In addition, the main concern that guided our modest work was firstly to take into account the comfort and safety of users, then the economy and the environmental aspect linked to the impact of the realization of this route*

*This project allowed us to take a big step towards the professional future.*

# SOMMAIRE.

<b>1. CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.</b>	<b>1</b>
1.1 Le Sahara.	2
1.2 Géographie Physique Caractéristiques Générales.	3
1.3 Les Routes Sahariennes En Afrique.	5
1.4 Le Sahara Algérien.	7
1.5 Les Routes Sahariennes En Algérie.	8
1.6 Le Réseau Routier Non Revêtu.	9
1.7 Généralité Sur Les Piste Sahariennes.	10
1.7.1 Définition La Piste.	11
1.7.2 Particularité Des Pistes Sahariennes.	11
1.7.3 Classification Des Pistes Sahariennes.	11
1.8 Le Réseau Des Pistes Sahariennes.	13
1.9 Contexte Du Sahara Algérien :	13
1.9.1 Contexte Climatique	13
1.9.2 Nature Des Sols Rencontrés Au Sud :	14
<b>2. CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET.</b>	<b>16</b>
2.1 Présentation Du Projet :	16
2.2 Présentation Du La Wilaya De Tamanrasset :	16
2.3 Justification Du Projet :	17
2.4 Objectifs Du Projet :	18
<b>3. CHAPITRE 03: NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE.</b>	<b>19</b>
3.1 Généralités.	19
3.2 Environnement De La Route.	19
3.3 Catégorie de la route :	26
3.4 La vitesse de référence :	26



4.	<b>4. CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC.</b>	28
4.1	Généralité :	28
4.2	Différents Types De Trafic :	28
4.2.1	Trafic De Transit :	28
4.2.2	Trafic D'échanger :	28
4.2.3	Trafic Local :	28
4.2.4	Trafic Journalier Moyen Annuel (T.J.M.A) :	28
4.2.5	Unité De Véhicules (U.V.P) :	28
4.3	Analyse Des Trafics Existants :	29
4.4	Mesure Des Trafics :	29
4.4.1	Compactage :	29
4.4.2	Enquêtes : « origine-destination » :	30
4.5	Calcul De La Capacité :	30
4.6	Calcul Du Trafic Effectif :	30
4.7	Débit De Pointe Horaire Normal :	31
4.8	Application au projet. ....	32
4.8.1	Projection future du projet. ....	32
4.8.2	Trafic Effectif. ....	33
4.8.3	Débit de point horaire normale. ....	33
4.8.4	Debit horaire admissible. ....	33
4.8.5	Calcul nombre des voies. ....	34
4.8.6	Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies. ....	34
5.	<b>5. CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE.</b>	35
5.1	Distance De Freinage :	35
5.2	Temps de réaction :	36
5.3	Distance D'arrêt :	38
5.4	Manœuvre De Dépassement :	38

5.5	Application Au Projet : .....	40
5.5.1	Distance de freinage : .....	40
5.5.2	Distance d'arrêt : .....	41
<b>6. 6.</b>	<b>CHAPITRE 06: TRACE EN PLAN. ....</b>	<b>42</b>
6.1	Introduction : .....	42
6.2	La Vitesse De Référence (De Base) : .....	42
6.2.1	Choix de la vitesse de référence : .....	42
6.3	Paramètres Fondamentaux (B40) : .....	42
6.4	Règles et principes du tracé en plan : .....	42
6.5	Les Eléments Du Tracé En Plan : .....	43
6.5.1	Alignements droits : .....	43
6.5.2	Les arcs de cercle : .....	44
6.6	Courbes en Plan : .....	45
6.6.1	Le rayon minimal absolu RHM : .....	45
6.6.2	Le rayon minimal normal RHN : .....	45
6.6.3	Le rayon au devers minimal RHd : .....	45
6.6.4	Le rayon non déversé RHnd: .....	46
6.6.5	Détermination des dévers dmax et dmin: .....	46
6.6.6	Détermination du coefficient transversal ft : .....	46
6.6.7	Détermination du coefficient F''enfonction de la catégorie : .....	46
6.6.8	Rayons en plan d'après les normes B40 : .....	47
6.6.9	Visibilité en courbe : .....	47
6.6.10	Sur largeur Un long.....	48
6.7	Courbes de raccordements : .....	48
6.7.1	Clothoïde.....	48
6.7.2	Expression mathématique de la Clothoïde.....	48
6.7.3	Longueur de la Clothoïde .....	49

6.7.4	Vérification de non chevauchement : .....	51
6.7.5	Application.....	52
6.7.6	Conclusion .....	52
<b>7.</b>	<b>7. CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG.</b> .....	<b>54</b>
7.1	Définition : .....	53
7.2	Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge : .....	53
7.3	Eléments de composition du profil en long .....	53
7.4	Coordination entre le tracé en plan et le profil en long. ....	53
7.5	Déclivité : .....	54
7.5.1	Déclivité minimum : .....	54
7.5.2	Déclivité maximum : .....	54
7.6	Les raccordements en profil en long : .....	54
7.6.1	Raccordements convexes (angle saillant) :.....	55
7.6.2	Raccordements concaves (angle rentrant) : .....	57
7.7	Détermination pratique du profil en long : .....	57
7.7.1	Détermination de La position du point de rencontre (S): .....	58
7.8	Calculs de La tangente :.....	58
7.9	<i>Projection horizontale de la longueur de raccordement</i> : .....	58
7.9.1	Calcul de la flèche : .....	59
7.9.2	Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courantM sur la courbe : ..	59
7.9.3	Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T) :.....	59
7.10	Exemple de calcul de profil en long Rentrant :.....	59
<b>8.</b>	<b>8. CHAPITRE 08 : PROFIL EN TRAVERS.</b> .....	<b>62</b>
8.1	Généralités :.....	61
8.1.1	La chaussée : .....	61
8.1.2	Les accotements :.....	61
8.1.3	Plate-forme : .....	62

8.1.4	L'assiette :.....	62
8.1.5	L'emprise :.....	62
8.1.6	Le talus :.....	62
8.1.7	Le fossé :.....	62
8.1.8	Le terre-plein central T.P.C : .....	62
8.1.9	La largeur roulable :.....	62
8.2	Classification Du Profil En Travers : .....	62
8.2.1	Le profil en travers type :.....	63
8.2.2	Le profil en travers courant :.....	63
8.3	Application Numérique Au Projet :.....	63
9. 9.	<b>CHAPITRE 09 : CUBATURES.</b> .....	65
9.1	Généralités :.....	64
9.2	Définition :.....	64
9.3	Méthode De Calcul Des Cubatures : .....	64
9.3.1	Formule de Mr SARRAUS :.....	65
9.3.2	Méthode de GULDEN :.....	66
9.3.3	Méthode linéaire : .....	66
9.4	Application au projet .....	67
10. 10.	<b>CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENTDUCORPS DE CHAUSSEE.</b> .....	69
10.1	Introduction.....	72
10.2	La chaussée : .....	73
10.2.1	Définition :.....	73
10.3	Les Différentes Catégories De Chaussée.....	74
10.4	Les Principales Méthodes De Dimensionnement : .....	75
10.4.1	Coefficient d'équivalence .....	77
10.5	Application Au Projet : .....	77
10.5.1	Méthode de l'indice CBR : .....	77

10.5.2	Calcul d'épaisseur théorique :.....	78
10.5.1	Calcul des épaisseurs des différentes couches.....	78
11. 11.	<b>CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE.</b> .....	78
11.1	Introduction :.....	80
11.2	Objectif De La Géotechnique Routière :.....	80
11.3	Moyens de reconnaissance :.....	80
11.4	Réglementation Algérienne En Géotechnique :.....	81
11.5	Les Essais En Géotechnique :.....	81
11.5.1	Essais physiques :.....	82
	Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048 .....	93
11.5.2	Essais mécaniques :.....	96
12. 12.	<b>CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT.</b> .....	105
12.1	Généralités :.....	106
12.2	Objectif de l'assainissement :.....	106
12.3	Assainissement de la chaussée :.....	106
12.3.1	Fossé de pied du talus de déblai :.....	106
12.3.2	Fossé de crête de déblai :.....	107
12.3.3	Fossé de pied du talus de remblai :.....	107
12.3.4	Drain :.....	107
12.3.5	Descentes d'eau :.....	107
12.4	Définitions des termes hydrauliques :.....	107
12.4.1	Bassin versant :.....	107
12.4.2	Collecteur principal (canalisation) :.....	108
12.4.3	Chambre de visite (cheminée) :.....	108
12.4.4	Sacs :.....	108
12.4.5	Les ouvrages des écoulements des eaux :.....	108
12.4.5.1	Les passages submersibles.....	108

13. 13. <b>CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE.</b> .....	109
13.1 Signalisation .....	110
13.2 Objectifs De Signalisation Routière : .....	110
13.3 Critères à Respecter Pour Les Signalisations : .....	110
13.4 Types De Signalisation : .....	110
13.4.1 Signalisation Verticale : .....	110
13.4.2 Signalisation Horizontale : .....	111
13.4.3 Autres signalisations : .....	114
13.5 Application au Projet : .....	114
13.5.1 Les signalisations horizontales : .....	114
13.5.2 Les signalisations verticales : .....	118
13.5.3 L'éclairage : .....	119
13.6 Catégorie d'éclairage : .....	119
13.7 Paramètres D'implantation Des Luminaires : .....	119
13.8 Eclairage : .....	120
14. 14. <b>Chapitre 14: Impact sur l'environnement.</b> .....	121
14.1 Impacts du projet sur l'environnement : .....	121
14.1.1 Les impacts négatifs : .....	121
14.1.2 Les impacts positifs : .....	121
14.2 Mesures d'atténuation : .....	121
14.2.1 Mesures d'atténuation formulées des impacts négatifs et renforcer les impacts positifs : .....	121
14.2.2 Les mesures de renforcement des impacts positifs qui porte sur : .....	122
15. 15. <b>CHAPITRE 15 : DEVIS ESTIMATIF.</b> .....	122
16. 16. <b>Conclusion Générale.</b> .....	124

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1-1</b> Sahara.....	2
<b>Figure 1-2</b> Géographie physique Caractéristiques.....	4
<b>Figure 1-3</b> Villes et routes du commerce transsaharien. ....	5
<b>Figure 1-4</b> les routes sahariennes en Afrique. ....	6
<b>Figure 1-5</b> Zone d’impact de la route saharienne .....	7
<b>Figure 1-6</b> Villes et réseaux des routes nationales au Sahara.....	9
<b>Figure 1-7</b> Consistance du Réseau non Revêtu .....	10
<b>Figure 1-8</b> Les Pistes Naturelles.....	11
<b>Figure 1-9</b> Les Pistes Améliorées.....	12
<b>Figure 1-10</b> Les Pistes Elaborées.....	13
<b>Figure 1-11</b> Les Pistes Elaborées.....	13
<b>Figure 2-1</b> (Entre Aéroport D’Alger Et Aéroport Tamanrasset). ....	16
<b>Figure 2-2</b> l’image de l’entrée de Tamanrasset. ....	17
<b>Figure 5-1</b> Distance de freinage.....	35
<b>Figure 5-2</b> Distance de freinage.....	35
<b>Figure 5-3</b> Temps de réaction .....	37
<b>Figure 5-4</b> Temps de réaction .....	37
<b>Figure 5-5</b> Distance d’arrêt.....	38
<b>Figure 5-6</b> Espacement entre véhicule.....	39
<b>Figure 6-1</b> Élément du tracé en plan.....	43
<b>Figure 6-2</b> Élément de la Clothoïde.....	49
<b>Figure 7-1</b> Raccordement convexe et concave. ....	54
<b>Figure 7-2</b> Visibilité.....	56
<b>Figure 7-3</b> Détermination du profil en long.....	58
<b>Figure 8-1</b> Éléments du profil en travers .....	61
<b>Figure 9-1</b> Volume déblai, remblai.....	65
<b>Figure 9-2</b> Calcul volume déblai ; Remblai.....	65
<b>Figure 10-1</b> Les couches de corps de chaussée. ....	79
<b>Figure 11-1</b> Analyse granulométrique. ....	85
<b>Figure 11-2</b> Tamisage électrique et manuel. ....	86
<b>Figure 11-3</b> Méthode d’essai. ....	86
<b>Figure 11-4</b> Mode opératoire 01.....	87

<b>Figure 11-5</b> Mode opératoire 2 .....	87
<b>Figure 11-6</b> Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable. ....	89
<b>Figure 11-7</b> L'essai d'équivalent de sable. ....	90
<b>Figure 11-8</b> Matériels utilisés. ....	92
<b>Figure 11-9</b> Limite de plasticité.....	93
<b>Figure 11-10</b> Appareillage.....	94
<b>Figure 11-11</b> Tamisage de l'échantillon. Figure et Pesé l'échantillon .....	94
<b>Figure 11-12</b> Mode opératoire de l'essai carbonate. ....	95
<b>Figure 11-13</b> Modalité d'exécution des essais Proctor modifié. ....	97
<b>Figure 11-14</b> Matériels de l'essai Proctor.....	98
<b>Figure 11-15</b> Les étapes de l'essai Proctor. ....	98
<b>Figure 11-16</b> Matériels d'essai CBR. ....	99
<b>Figure 11-17</b> Matériels d'essai CBR. ....	100
<b>Figure 11-18</b> L'appareil de compacité (nucléo-densimètre). ....	102
<b>Figure 11-19</b> Exemple d'un essai de carottage.....	105
<b>Figure 13-1</b> Flèche de la sélection .....	115
<b>Figure 13-2</b> Marque sur chaussée.....	116
<b>Figure 13-3</b> Flèche de rabattement. ....	116
<b>Figure 13-4</b> Schéma de signalisation stop sur chaussée.....	117
<b>Figure 13-5</b> Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot).....	117
<b>Figure 13-6</b> Les signaux de danger type A et B .....	118
<b>Figure 13-7</b> Les signaux d'identification des routes (type E). ....	118
<b>Figure 13-8</b> Paramètres de l'implantation des luminaires. ....	119



# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1-1</b> Le réseau routier des territoires sahariens.....	6
<b>Tableau 1-2</b> Le réseau routier Algérien.....	10
<b>Tableau 3-1</b> Calcul de la dénivelée cumulée moyenne .....	19
<b>Tableau 3-2</b> Le Classification du terrain Dénivelée cumulée. ....	25
<b>Tableau 3-3</b> sinuosité.....	25
<b>Tableau 3-4</b> Environnement de la route. ....	26
<b>Tableau 3-5</b> La vitesse de référence. ....	27
<b>Tableau 4-1</b> Valeurs du coefficient P. ....	31
<b>Tableau 4-2</b> Valeurs de K1 en fonction de l'environnement. ....	31
<b>Tableau 4-3</b> Valeurs de K2 en fonction de l'environnement. ....	32
<b>Tableau 4-4</b> Valeurs de la capacité théorique. ....	32
<b>Tableau 5-1</b> Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.....	36
<b>Tableau 5-2</b> Les valeurs du temps de perception réaction t e .....	37
<b>Tableau 5-3</b> Lois de distance d'arrêt. ....	38
<b>Tableau 5-4</b> Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse .....	39
<b>Tableau 6-1</b> Dévers en fonction de l'environnement.....	45
<b>Tableau 6-2</b> Dévers .....	46
<b>Tableau 6-3</b> Valeur du coefficient ft .....	46
<b>Tableau 6-4</b> Valeur du coefficient « F'« .....	46
<b>Tableau 6-5</b> Tableau récapitulatif.....	46
<b>Tableau 6-6</b> Les rayons en plan selon B40.....	47
<b>Tableau 7-1</b> Valeur de déclivité maximale (NormesB40).....	54
<b>Tableau 7-2</b> Rayons convexes (angle saillant) [B40].....	57
<b>Tableau 7-3</b> Rayons concaves (angle rentrant).....	57
<b>Tableau 7-4</b> Le tableau suivant donne les différentes valeurs relatives à notre projet. 60	
<b>Tableau 10-1</b> Les différentes catégories de chaussée.....	74
<b>Tableau 10-2</b> Coefficient d'équivalence des matériaux. ....	77
<b>Tableau 10-3</b> Dimensionnement du corps de chaussée.....	79
<b>Tableau 11-1</b> Nature du sol en fonction d'E.S. ....	90
<b>Tableau 11-2</b> Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.....	96
<b>Tableau 13-1</b> Modulation de la ligne continue.....	113



# Introduction Générales

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée qui permet de relier tous les points d'un territoire, c'est-à-dire la route est au sens littéral une voie terrestre aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues. Ainsi que la route est également définies comme une vaste plateforme bien dégagée comportent deux au plusieurs voies, devant résister aux efforts statique et dynamique des véhicules (léger, lourd) et dont les caractéristique géométrique correspondent à une réglementation et normes bien précis.

Les routes prouvent être classe d'après plusieurs critères :

- Du point de vue administratif.
- Du point de vue technique.

La classification **administrative** des voies suivant des critères fonctionnels n'a été établie que pour le réseau national (routes nationales RN, autoroutes A, les chemins de wilaya CW, et les chemins de communaux CC).

Grâce à les routes, les régions nouvelles peuvent progresser par L'agriculture et l'implantation d'industrie et le développement des richesses naturelles

De plus, en assurant une part très importante de transports des marchandises et des voyageurs.

- Les routes favorisent les échanges commerciaux et touristiques, car elles représentent un facteur primordial pour l'avancement et le développement des pays.
- Notre pays a tendance à améliorer et enrichir ces infrastructures et notamment le réseau routière, puisqu' il reste le moyen qui intéresse le plus grand nombre d'usagers.

Dans ce contexte, notre étude consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier (RN01) sur 4 kms qui se situe dans la Wilaya de Tamanrasset (entre Tamanrasset et l'Aéroport sur 04Km).

Ce projet de dédoublement est nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises sur cet axe.

# CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

## 1.1 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 1300 et 1 900 kilomètres du nord au sud, soit une superficie totale de près de 8600 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 la latitude 16° 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.

Certains chercheurs considèrent le type de sol et les espèces végétales comme une base pour définir et classer la région, et d'autres chercheurs combinent tous ces éléments, ils donnent donc le nom de désert à chaque région avec peu de végétation, en raison du manque de pluie et de la sécheresse du sol.

Il existe quatre types de déserts :

- Les déserts subtropicaux sont chauds et secs toute l'année.
- Les déserts côtiers bénéficient d'hivers froids et d'étés chauds.
- L'une des caractéristiques les plus importantes des déserts aux hivers froids est qu'ils bénéficient d'étés longs et secs et de faibles précipitations en hiver.
- Nous constatons que les déserts polaires sont froids toute l'année.



Figure 5-1 Sahara.

# CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

## 1.2 Géographie Physique Caractéristiques Générales.

L'Afrique du Nord a trois caractéristiques géographiques principales : Le désert du Sahara au sud, les montagnes de l'Atlas à l'ouest et le fleuve et le delta du Nil à l'est. Les montagnes de l'Atlas s'étendent à travers le Maroc, le nord de l'Algérie et la Tunisie.

Ces montagnes font partie du système montagneux montagnard qui s'étend également dans le sud de l'Europe. Il recule au sud et à l'est, devenant une étendue de steppe avant de rencontrer le désert du Sahara, qui couvre plus de 75 % de la superficie. Et les plus hauts sommets de la chaîne du Haut Atlas dans le centre-sud du Maroc, qui compte de nombreux sommets enneigés.

Au sud des montagnes de l'Atlas se trouve l'étendue sèche et aride du désert du Sahara, le plus grand désert de sable du monde. Par endroits, le désert est coupé par des cours d'eau irréguliers appelés oueds (courants) qui ne coulent qu'après la pluie, mais sont généralement secs. Le relief principal du désert du Sahara comprend les Erges, de grandes mers de sable qui forment parfois d'immenses dunes. Hamada, le niveau d'un plateau rocheux sans sol ni sable ; et reg, un niveau ordinaire de gravier ou de petites pierres. Le Sahara couvre la partie sud du Maroc, l'Algérie, la Tunisie et la majeure partie de la Libye.

Seules deux régions de Libye se trouvent en dehors du désert :

Tripolitaine au nord-ouest et Cyrénaïque au nord-est. La majeure partie de l'Égypte est également désertique, à l'exception du Nil et des terres irriguées le long de ses rives. La vallée du Nil forme un fil étroit et fertile qui s'étend sur toute la longueur du pays.

Les vallées abritées des montagnes de l'Atlas, de la vallée du Nil, du delta et de la côte méditerranéenne sont les principales sources de terres agricoles fertiles. Il cultive une large gamme de cultures de valeur, notamment des céréales, du riz et du coton, et des forêts telles que le riz et le liège. Les cultures méditerranéennes typiques telles que les olives, les figues, les dattes et les agrumes prospèrent également dans ces zones. La vallée du Nil est particulièrement fertile et la majeure partie de la population égyptienne vit près du fleuve. Ailleurs, l'irrigation est essentielle pour améliorer les rendements des cultures en marge du

# CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

désert.

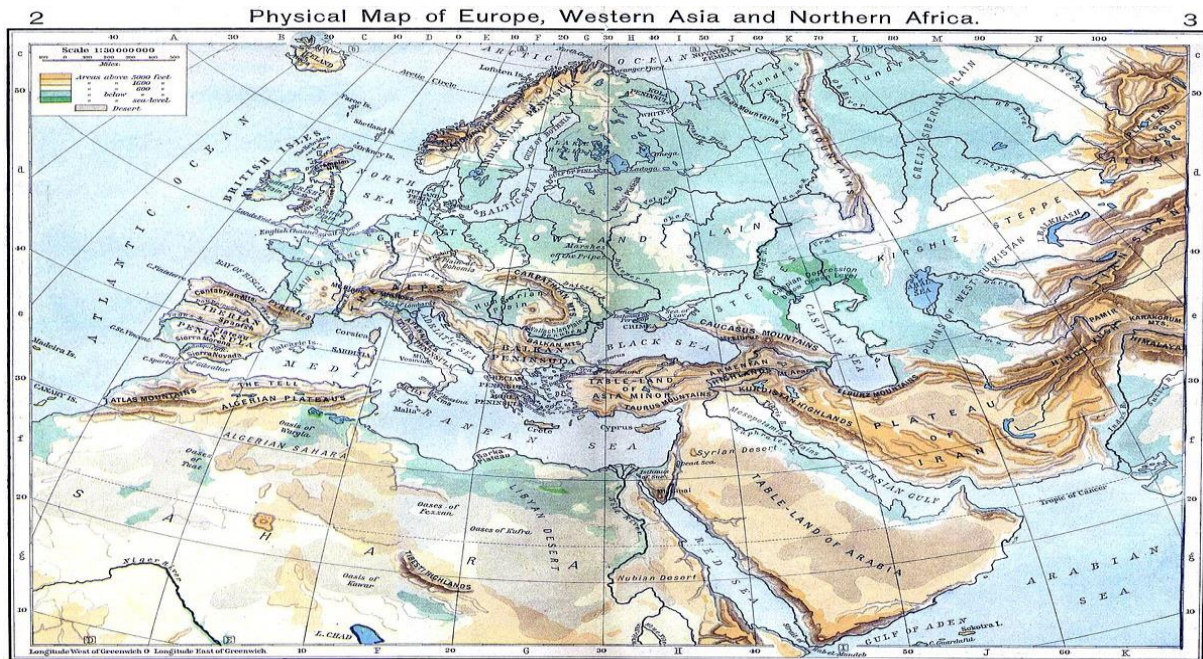


Figure 5-2 Géographie physique Caractéristiques.

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<sup>1</sup>, elle s'inscrit dans le projet de réseau plus ou moins bien défini de grandes routes transafricaines, lancé dans les années 1960.

# CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.



Figure 5-3 Villes et routes du commerce transsaharien.

## 1.3 Les Routes Sahariennes En Afrique.

Les routes désertiques situées dans les pays riverains du Sahara, cet immense désert de 8 millions de km<sup>2</sup> situé entre l’Afrique du nord et l’Afrique noire. Il s’étend sur 11 pays dont 5 sont membres du Comité de liaison de la route transsaharienne : l’Algérie, le Mali, le Niger, la Tunisie et le Tchad. Les zones désertiques occupent en moyenne plus de 70% du territoire de ces pays et sont caractérisées par une sécheresse extrême (moins de 100 mm d’eau par an). Hormis dans quelques espaces très singuliers notamment autour du lac Tchad, du delta du Niger ou des oasis Algériennes, les cultures y sont rares. Le Sahara est surtout riche par l’industrie extractive : pétrole en Algérie et au Tchad, uranium au Niger et métaux précieux assez disséminés. Les populations sont essentiellement regroupées dans de nombreux centres très éloignés les uns des autres. Elles sont très souvent enclavées et les distances moyennes qui les relient aux ports d’embarquement ou de débarquement dépassent de très loin les 1000 km que ce soit vers la Méditerranée ou vers le golfe de Guinée. Les pays de la rive sud du Sahara font généralement appel à des financements extérieurs pour les extensions de leurs réseaux. Le Niger a eu recours au cours des années 1970 à la concession pour le financement de la réalisation de la liaison Tahoua Arlit (650 km). La Tunisie et l’Algérie utilisent un système mixte (financement sur le budget de l’Etat et emprunts extérieurs). La majeure partie de la route transsaharienne RTS a été financée sur fonds propres en Algérie. Le Nigeria vient de s’ouvrir tout récemment au recours à des financements extérieurs. La section de la RTS dans ce pays (1200 km) est entièrement revêtue et compte plus de 300 km en 2x2 voies. Le tableau qui suit montre que, pour le Mali, le Niger, le Tchad et l’Algérie (4 grandes wilayas du Sud), les routes non revêtues représentent l’essentiel du réseau 34 700 km sur un total de 45 300 km soit (77 %).

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

Tableau 51-1 Le réseau routier des territoires sahariens.

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

Données pour les 4 grandes wilayas du Sud : Adrar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Or si ces routes non revêtues existent et représentent une proportion dominante comme on vient de le voir c'est qu'elles jouent un rôle économique et qu'elles méritent une attention plus grande.



Figure 5-4 les routes sahariennes en Afrique.



# CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.



Figure 5-5 Zone d'impact de la route saharienne

## 1.4 Le Sahara Algérien.

Le Sahara algérien est un désert situé au centre de l'Afrique du Nord, et il fait partie du Grand Sahara africain, puisqu'il en représente 20 %. La zone désertique en Algérie représente plus de 80% de sa superficie totale. La présence d'oasis abonde dans ce désert, comme l'oasis d'Ain Salah et Toqrat, et il y a aussi d'abondants gisements de pétrole et de gaz tels que : Hassi Raml, Ain Amenas, Aqrab Al Qari, Hassi Messaoud et Sebaa Ouargane.

Le Sahara algérien couvre plus de deux millions de kilomètres carrés, soit les 4/5 de la superficie totale. Celui-ci est bordé par le désert algérien au nord, les montagnes de l'Atlas, qui sont deux hautes chaînes de montagnes confinées entre elles par un groupe de plateaux supérieurs, dont les plus célèbres sont les deux chaînes.

Le désert se compose de trois types de terrains : l'Erg composé de dunes de sable comme le Grand Erg oriental et le Grand Erg occidental, l'Al Rig composé de terrains rocheux, ainsi que des massifs de roches volcaniques dans l'extrême sud.

L'herbe de steppe se raréfie à partir du nord, et ses types changent pour laisser place au désert d'Al-Raq, tandis que l'Arg ne couvre qu'un cinquième du désert, là où le grand Erg oriental se situe aux confins du Wadi Righ, une série d'oasis s'étendant le long d'une vallée souterraine. La vallée de la Saura est bordée à l'ouest par le Grand Erg occidental. Entre ces deux grands ensembles se trouve la vallée du Mzab, creusée dans un plateau.

Ce désert du nord, plein d'oasis, contraste avec celui du sud dominé par la chaîne montagneuse du Hoggar à plus de 3000 M d'altitude. De vastes hamadas monotones comme le plateau de Tadimite entre Manea et Ain Salah relie les grandes régions géographiques du Sahara.

## **CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.**

Le désert se caractérise par de faibles précipitations, enregistrant moins de 100 mm par an. Cependant, il arrive que des chutes de neige et parfois des inondations ravivent des vallées asséchées depuis la préhistoire. Le sous-sol regorge d'eau dans la nappe dite « aquifère albanaise » qui s'étend sous une grande partie du désert algérien, et ce sont les vestiges du climat steppique que la région a connu il y a 10 000 ans.

Ce désert est considéré comme la région désertique la plus chaude du monde. Le Grand Sahara africain s'étend sur plus de 3,5 millions de kilomètres carrés, soit à peu près la taille de l'ensemble des États-Unis d'Amérique. Le désert est une terre aride et certains scientifiques pensent que c'est la région la plus sèche depuis 3000 ans.

Les tribus nomades vivent dans ce désert depuis l'Antiquité et considèrent le désert comme leur quartier général. Plus de 2,5% de la population vit aux frontières et parfois la vie est très dure. La plupart des nomades se déplacent à la recherche d'oasis, et beaucoup d'entre eux disposent d'un aquifère qui leur fournit de l'eau en abondance, ainsi qu'à leur bétail.

### **1.5 Les Routes Sahariennes En Algérie.**

Le Sahara algérien couvre un peu plus de deux millions de kilomètres carrés. Les dessertes reliant les différentes régions sont donc parfois énormes. Les routes, avant 1950, avaient rarement dépassé les Hauts -Plateaux. Avec la découverte des premiers gisements de 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.

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 projeteurs (choix de matériaux

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

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.

Dans les territoires des wilayas du grand Sud Algérien, l'entretien du réseau routier se fait dans des conditions difficiles pour les routes revêtues et ou ne se fait presque pas pour les routes non revêtues (pistes).

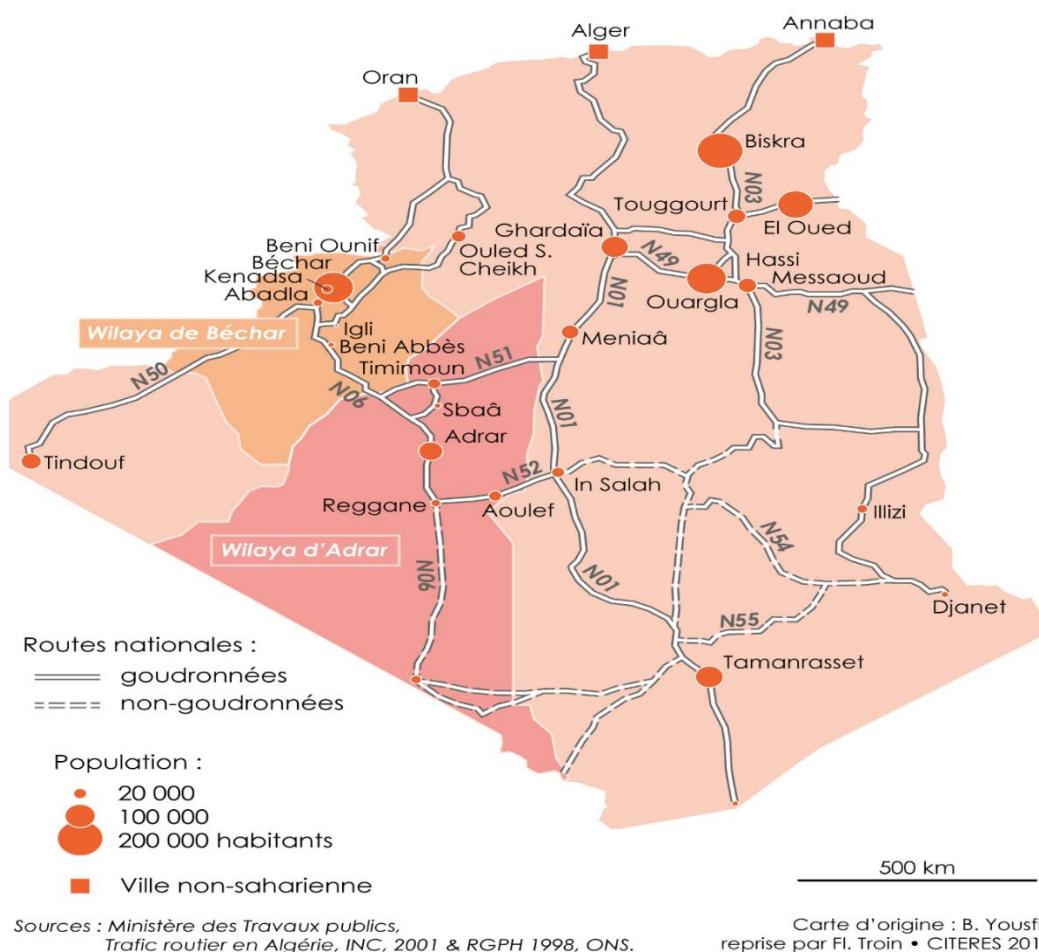


Figure 5-6 Villes et réseaux des routes nationales au Sahara.

### 1.6 Le Réseau Routier Non Revêtu.

Quant au réseau non revêtu l'Algérie dispose d'un linéaire de 30 419 km, dont 3720 km de routes nationales, 2367 km de chemins de wilaya et 24 332 km de chemins communaux. A/ Consistance du Réseau Routier non Revêtu Selon le dernier bilan (2004), la consistance et l'état actuel du réseau non revêtu se présente comme suit : U=km.

- **Présentation du Réseau :**

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

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

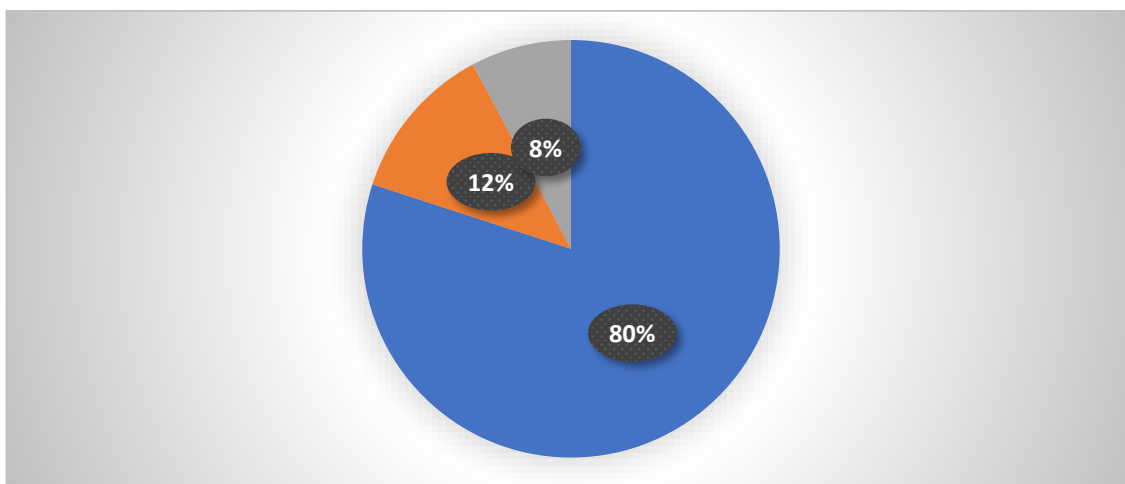
**Tableau 51-2** Le réseau routier Algérien.

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

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.

- **Répartition Du Réseau Routier**

Types de Routes	Revêtu	Piste
<b>RN</b>	87%	13%
<b>CW</b>	90%	10%
<b>CC</b>	57%	43%



*Figure 5-7. Consistance du Réseau non Revêtu (RN = 12%, CW= 8%, Cc= 80%)*

### 1.7 Généralité Sur Les Piste Sahariennes.

Après la présentation du réseau routier national revêtu et non revêtu, il est utile de mettre la lumière, en particulier, sur les pistes Sahariennes du Grand Sud Algérien. En effet, ces dernières se distinguent par leur très grand linéaire (de 293 km à 1148 km) et qu'elles constituent un des éléments de développement et de communication pour ces régions désertiques.

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

### 1.7.1 Définition La Piste.

Est définie comme étant un chemin sur lequel des véhicules circulent donc, c'est une voie de circulation parfaitement distincte et relativement confortable mais dont la couche de roulement n'est pas traitée. La piste peut donc subir des transformations successives (aménagement progressifs) avant d'arriver au stade de la route revêtue.

### 1.7.2 Particularité Des Pistes Sahariennes.

Le tracé des pistes sahariennes est en général naturel sans étude préalable, parmi les particularités de ces pistes :

- La largeur qui varie de 03 m au niveau des passages rocheux et falaise à plusieurs dizaines voire centaines de mètres au niveau des plateaux.
- La quasi absence de balisage.
- La pente du profil en long est parfois très importante (supérieur à 15%) au niveau des falaises.
- La topographie, très accidentée, de certaines régions du Sahara fait que les pistes y présentent une très forte sinuosité et un important dénivelé cumulé.
- La piste peut emprunter un lit d'oued.

### 1.7.3 Classification Des Pistes Sahariennes.

Au sud, nous rencontrons trois catégories de pistes :

- **Les Pistes Naturelles** : la portance du sol offre des conditions de roulage telles que la circulation se fait directement sur le terrain naturel, sans aucune intervention préalable, si ce n'a le balisage, pour éviter aux usagers de se perdre.

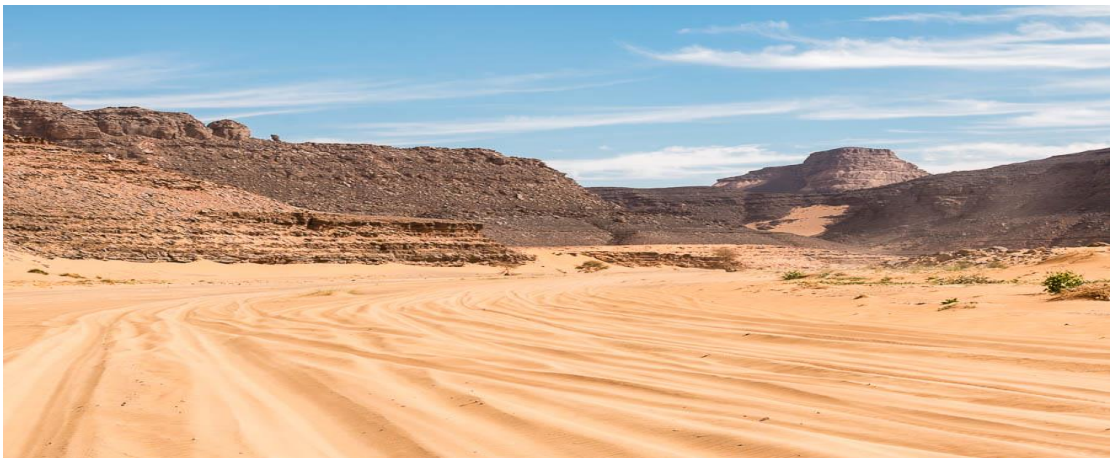


Figure 5-8 Les Pistes Naturelles.

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

- **Les Pistes Améliorées :** Ce sont des pistes naturelles ou certaines sections difficiles (sections à faible portance, affleurement rocheux, traversées de lit d'oueds) qui nécessitent un traitement particulier.



*Figure 5-9 Les Pistes Améliorées.*

- **Les Pistes Elaborées :** Ce sont des pistes entièrement aménagées, qui disposent d'une couche de roulement en matériaux sélectionnés sur toute leur largeur.

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.



*Figure 5-10 Les Pistes Elaborées.*



*Figure 5-11 Les Pistes Elaborées.*

### 1.8 Le Réseau Des Pistes Sahariennes.

- Le réseau des pistes principales du Grand Sud Algérien est réparti sur un vaste territoire de 1 450 000 km<sup>2</sup>, et traverse des zones à caractéristiques géologiques et géomorphologiques très variées, il couvre les quatre wilayas, à savoir : Adrar, Tamanrasset, Tindouf et Illizi.
- Ce patrimoine dessert des régions désertiques et aride, dont la densité démographique ne dépasse pas 01 habitant/km (La population est de l'ordre de 500 000 habitants, soit moins de 02 % de la population du pays).
- Ces pistes relient les différents centres de vie distants de plusieurs centaines de kilomètres (varie de 293 km à 1148 km).
- 13 Plus de 67% de ce réseau se situe au niveau des régions du Tassili, le reste s'étend sur les plateaux de la région d'Adrar.

### 1.9 Contexte Du Sahara Algérien :

#### 1.9.1 Contexte Climatique

Le Sud Algérien est caractérisé par un climat généralement sec, aride et très chaud sur près de cinq mois par an (température moyenne à l'ombre est supérieure à 40°). On note aussi la rareté et l'irrégularité des pluies (la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 50mm).

## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

Par ailleurs, les crues sont rares mais instantanées et brutales, les vents de sable sont très fréquents, ils se manifestent souvent sur une grande partie du Sahara.

### ***1.9.2 Nature Des Sols Rencontrés Au Sud :***

#### **• Les Hamadas :**

Ce sont des plateaux rocheux qui sont généralement recouverts de cailloutis anguleux à granulométrie discontinue (regs).

Constituées par un mélange de sable éolien plus ou moins limoneux et des produits de décomposition superficielle des roches.

Ils peuvent constituer d'excellentes couches de base à condition de les mélanger à des matériaux ayant une bonne cohésion.

#### **• Les Ergs :**

Ce sont des amas de dunes de sable. Les pistes évitent en général le franchissement de telles zones. Néanmoins, la proportion de sable éolien dans ces sols est suffisamment élevée pour offrir une grande résistance au roulement

#### **• Les Sebkhas :**

Ce sont des zones de dépressions, généralement sans exutoire, où s'amassent les eaux des rares pluies. Ces eaux ne s'éliminent que par infiltration et évaporation, laissant une surface unie de matériaux sédimentaires très cohésifs.

Ces zones sont très favorables à la circulation et constituent des couloirs préférentiels pour les pistes. Toutefois, il faut les éviter en période de pluies.

#### **• Les Chotts :**

Ce sont des dépressions où l'eau persiste toute l'année. Les sols de ces dépressions sont généralement composés de 4/5 d'insoluble et de 1/5 de sulfates, carbonate et chlorures. Quand elles ne sont pas submergées, ces zones offrent de très bonnes conditions de roulage.

#### **• Les Lits D'oueds :**

On rencontre au Sahara des lits de grands oueds. Les matériaux rencontrés sont des sables plus ou moins limoneux et très souvent des gros sables mélangés à des graviers. Lorsque les pluies sont faibles, ou lorsque le relief l'impose, la piste emprunte ces lits d'oueds. Les conditions de circulation sont généralement bonnes. La formation de tôle ondulée, ou des poches de Fech Fech, dans ce type de sol sont très répandues, selon la nature du sol.

#### **• Les Falaises :**



## CHAPITRE 01 : LES ROUTES SAHARIENNES.

La partie Nord du Sahara est une succession de plateaux d'âges géologiques voisins. La piste rencontrera donc très souvent l'obstacle offert par le franchissement d'une falaise. Les dénivellations sont très variables de 20 m à 200 m.

### •Les Zones Rocheuses :

On les rencontre très rarement. Les sections des pistes qui les traversent ont en général une bonne portance.

### Géotechnique :

La Faible Pluviométrie Du Sud et par conséquent la faible teneur en eau des sols en place permettent l'utilisation de nombreux matériaux dont l'indice de plasticité est élevé.

De ce fait, toute action dirigée vers l'entretien ou la réhabilitation des pistes sahariennes comprend l'utilisation de matériaux locaux, en mettant à profit leur cohésion naturelle. La gamme des matériaux utilisable est très large, dont les grandes classes sont :

### • Les Matériaux Gypseux :

Ils se présentent sous divers aspects en fonction de leur composition physico-chimique (les gypses micro cristallisés, les sables gypseux, les gypseux calcaires, les gypses à micro cristallisation), ils sont sensibles à l'imbibition, mais ce problème ne se pose pas au Sud.

### • Les Matériaux De Reg :

Ces matériaux sont très intéressants par le squelette qu'ils procurent au corps de chaussée mais ils ne peuvent être utilisés seuls car ils n'ont aucune cohésion. Il faut les mélangés avec d'autres matériaux.

### • Les Sables :

Ces matériaux sont à éviter, vu qu'il y a absence totale de cohésion

### • Les Argiles Et Les Marnes :

Ce type de matériaux est très répandu au Sud. Vu la faiblesse de la pluviométrie, ces matériaux peuvent être utilisés sans problèmes, ils ont donné d'excellents résultats sur les pistes, toutefois deux précautions sont à apprendre :

- Ne pas trop les humidifier durant la mise en œuvre.
- Faire attention avant de s'engager sur ces tronçons pendant ou après une averse (barrière de pluie).

### • Les Arènes Granitiques :

Elles proviennent de la décomposition du granite par la dégradation du feldspath. Ces matériaux, dont l'indice de plasticité varie de 10 à 15 %, possèdent une bonne cohésion et un grand angle de frottement, ils sont abondants dans le Hoggar et le Tassili

## CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET.

### 2.1 Présentation Du Projet :

Le réseau routier saharien est constitué de plusieurs milliers de kilomètres de routes revêtues et non revêtues (des pistes), qui relient les principales agglomérations et centres de vie de cet immense désert à la fois hostile, féérique et riche. Il compte près de 6000 km de routes non revêtues, classées comme pistes principales. Le présent projet de Réalisation de la route reliant entre Tamanrasset et l'Aéroport (RN01) sera l'un des piliers de l'infrastructure routière vue qu'il va relier entre la ville Tamanrasset et l'Aéroport de Tamanrasset sur un linéaire de 12km, dans notre échèle on a la conception d'un tronçon de cette étude.



Figure 5-12 (Entre Aéroport D'Alger Et Aéroport Tamanrasset).

### 2.2 Présentation Du La Wilaya De Tamanrasset :

- Tamanrasset est une ville de très grande importance par sa situation géographique.
- La Capitale du Hoggar en Algérie est une ville fière de son histoire ancienne, et cela est attesté par le dessin et les inscriptions en pierre qui préservent l'histoire de la région, qui ont été découverts par les basilites (Tassili) et Tediclet du Hoggar, et aujourd'hui ils représentent le plus riche musée acier ouvert d'art préhistorique. Par conséquent, UNESCO a classé le parc national de Hoggar comme patrimoine mondial préservé.

## **CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET**

- Tamanrasset ou Tamanrasset, est une commune de la wilaya de Tamanrasset, dont elle est le chef-lieu, située dans le Sud de l'Algérie, à 2000 km au sud d'Alger, 776.89 KM d'Oran, 776.48 KM de Mostaganem à 450 km à vol d'oiseau au sud-ouest de Djanet et à environ 400 km au nord de la frontière malienne. Elle est la capitale des Touaregs algériens. Elle est délimitée :

- ❖ Au nord par la wilaya Ghardaïa et Ouargla
- ❖ A l'ouest par la wilaya Adrar
- ❖ A l'est la wilaya Elisé
- ❖ Au sud par la wilaya mali
- ❖ Superficielle : 37 713 km<sup>2</sup>
- ❖ Altitude : 1 320 m
- ❖ Météo : 26 °C, vent SO à 34 km/h, 10 % d'humidité

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



*Figure 5-13 l'image de l'entrée de Tamanrasset.*

### **2.3 Justification Du Projet :**

Ce projet s'inscrit dans le programme de développement économique, touristique et social du pays, améliorer le cadre de vie des citoyens, d'où son rôle dans le développement et la sécurité.

## **CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET**

### **2.4 Objectifs Du Projet :**

Cette étude a été conçue dont l'objectif d'améliorer l'aménagement de telle sorte pour Augmenter le niveau de service. Sachant qu'aucune route ne relie la localité (Ville de Tamanrasset et l'aéroport de Tamanrasset).

- Ce projet a pour objectif la liaison entre la Ville de Tamanrasset et l'aéroport de la wilaya de Tamanrasset.
- La route reliant Tamanrasset au l'aéroport.
- Améliorer les conditions de circulations.
- Economique.
- Environnement.
- Touriste.

## CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE 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 déterminer 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 :

A. La dénivelée cumulée moyenne ( $H/L=DC$ ).

B. La sinuosité  $\sigma$ .

#### a) 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 longitudinal du relief.

$$\frac{H}{L} = \frac{|\sum_{pi>0}(pi.li) + \sum_{pi<0}(pi.li)|}{L}$$

$P$  : pente du terrain.

$L$  : longueur de l'itinéraire  $\rightarrow L = 4000 \text{ m} = 4 \text{ km}$ .

- Calcul de la dénivelée cumulée moyenne :

Tableau 5-3.

PT N°	PK	Distance Entre Profil TN	Z Terrain Naturel	DH(m )
321	8000	0	299,691	/
322	8025	25	299,7	0,009
323	8050	25	299,745	0,045
324	8075	25	299,651	-0,094
325	8100	25	299,564	-0,087
326	8125	25	299,464	-0,1
327	8150	25	299,33	-0,134

### **CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE**

328	8175	25	299,156	-0,174
329	8200	25	298,964	-0,192
330	8225	25	298,771	-0,193
331	8250	25	298,554	-0,217
332	8275	25	298,382	-0,172
333	8300	25	298,255	-0,127
334	8325	25	298,121	-0,134
335	8350	25	297,977	-0,144
336	8375	25	297,824	-0,153
337	8400	25	297,682	-0,142
338	8425	25	297,532	-0,15
339	8450	25	297,407	-0,125
340	8475	25	297,337	-0,07
341	8500	25	297,269	-0,068
342	8525	25	297,264	-0,005
343	8550	25	296,879	-0,385
344	8575	25	296,54	-0,339
345	8600	25	296,556	0,016
346	8625	25	296,741	0,185
347	8650	25	296,747	0,006
348	8675	25	296,643	-0,104
349	8700	25	296,559	-0,084
350	8725	25	296,666	0,107
351	8750	25	296,837	0,171
352	8775	25	296,963	0,126
353	8800	25	296,973	0,01
354	8825	25	297,023	0,05
355	8850	25	297,201	0,178
356	8875	25	297,369	0,168
357	8900	25	297,496	0,127
358	8925	25	297,597	0,101
359	8950	25	297,893	0,296

### CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE

360	8975	25	297,841	-0,052
361	9000	25	297,751	-0,09
362	9025	25	297,316	-0,435
363	9050	25	296,582	-0,734
364	9075	25	295,989	-0,593
365	9100	25	295,603	-0,386
366	9125	25	295,591	-0,012
367	9150	25	295,446	-0,145
368	9175	25	295,316	-0,13
369	9200	25	294,973	-0,343
370	9225	25	294,632	-0,341
371	9250	25	294,293	-0,339
372	9275	25	293,941	-0,352
373	9300	25	293,573	-0,368
374	9325	25	293,208	-0,365
375	9350	25	292,843	-0,365
376	9375	25	292,553	-0,29
377	9400	25	292,318	-0,235
378	9425	25	292,077	-0,241
379	9450	25	291,841	-0,236
380	9475	25	291,605	-0,236
381	9500	25	291,362	-0,243
382	9525	25	291,128	-0,234
383	9550	25	290,993	-0,135
384	9575	25	290,973	-0,02
385	9600	25	290,969	-0,004
386	9625	25	290,986	0,017
387	9650	25	290,953	-0,033
388	9675	25	290,842	-0,111
389	9700	25	290,877	0,035
390	9725	25	290,605	-0,272

### **CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE**

391	9750	25	290,418	-0,187
392	9775	25	290,364	-0,054
393	9800	25	290,344	-0,02
394	9825	25	290,335	-0,009
395	9850	25	290,381	0,046
396	9875	25	290,423	0,042
397	9900	25	290,351	-0,072
398	9925	25	290,291	-0,06
399	9950	25	290,121	-0,17
400	9975	25	289,793	-0,328
401	10000	25	289,365	-0,428
402	10025	25	288,975	-0,39
403	10050	25	288,639	-0,336
404	10075	25	288,35	-0,289
405	10100	25	288,1	-0,25
406	10125	25	288,024	-0,076
407	10150	25	287,865	-0,159
408	10175	25	287,795	-0,07
409	10200	25	287,729	-0,066
410	10225	25	287,766	0,037
411	10250	25	287,806	0,04
412	10275	25	287,727	-0,079
413	10300	25	287,758	0,031
414	10325	25	287,802	0,044
415	10350	25	287,856	0,054
416	10375	25	287,914	0,058
417	10400	25	287,978	0,064
418	10425	25	288,132	0,154
419	10450	25	288,295	0,163
420	10475	25	288,127	-0,168
421	10500	25	287,901	-0,226



### **CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE**

422	10525	25	287,68	-0,221
423	10550	25	287,457	-0,223
424	10575	25	287,676	0,219
425	10600	25	287,472	-0,204
426	10625	25	291,416	3,944
427	10650	25	290,482	-0,934
428	10675	25	286,811	-3,671
429	10700	25	285,147	-1,664
430	10725	25	284,714	-0,433
431	10750	25	284,297	-0,417
432	10775	25	284,017	-0,28
433	10800	25	283,739	-0,278
434	10825	25	283,444	-0,295
435	10850	25	283,107	-0,337
436	10875	25	282,759	-0,348
437	10900	25	282,484	-0,275
438	10925	25	282,233	-0,251
439	10950	25	281,68	-0,553
440	10975	25	281,009	-0,671
441	11000	25	280,4	-0,609
442	11025	25	279,805	-0,595
443	11050	25	279,541	-0,264
444	11075	25	279,274	-0,267
445	11100	25	278,822	-0,452
446	11125	25	278,752	-0,07
447	11150	25	278,453	-0,299
448	11175	25	278,102	-0,351
449	11200	25	277,788	-0,314
450	11225	25	277,497	-0,291
451	11250	25	277,158	-0,339
452	11275	25	276,84	-0,318

## CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE

453	11300	25	276,491	-0,349
454	11325	25	276,142	-0,349
455	11350	25	275,823	-0,319
456	11375	25	275,638	-0,185
457	11400	25	275,326	-0,312
458	11425	25	274,967	-0,359
459	11450	25	274,626	-0,341
460	11475	25	274,282	-0,344
461	11500	25	273,973	-0,309
462	11525	25	273,932	-0,041
463	11550	25	273,815	-0,117
464	11575	25	273,829	0,014
465	11600	25	273,737	-0,092
466	11625	25	273,801	0,064
467	11650	25	273,758	-0,043
468	11675	25	273,762	0,004
469	11700	25	273,539	-0,223
470	11725	25	273,835	0,296
471	11750	25	273,855	0,02
472	11775	25	273,681	-0,174
473	11800	25	273,769	0,088
474	11825	25	273,962	0,193
475	11850	25	273,957	-0,005
476	11875	25	274,342	0,385
477	11900	25	275,122	0,78
478	11925	25	276,187	1,065
479	11950	25	275,959	-0,228
480	11975	25	275,731	-0,228
481	12000	25	276,516	0,785
	$\Sigma =$	<b>4000</b>	$\Sigma =$	<b>-</b> <b>23,175</b>

$$\frac{H}{L} = \left| \frac{-23.175}{4000} \right| = 0.00579. \text{ Dc} = 0.58 \%$$

## CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE

**Tableau 5-4** Le Classification du terrain Dénivelée cumulée.

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
<b>1</b>	<b>Plat</b>	<b>Dc&lt;1.5%</b>
<b>2a</b>	<b>Plat mais inondable</b>	<b>Dc=1.5%</b>
<b>2b</b>	<b>Terrain vallonné</b>	<b>1.5%&lt;Dc≤4%</b>
<b>3</b>	<b>Terrain montagneux</b>	<b>Dc&gt;4%</b>

Ce qui conduit à un terrain plat à partir du (tableau 3-2).

**b) Sinuosité :**

- La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L sur la longueur totale de l'itinéraire.
- La longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

✓ **Calcul de la sinuosité :**

$$\sigma = L_s \div L$$

**Avec :**

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

**Dans notre cas :**

$$L = 4000m$$

$$L_s = 0$$

$\sigma = 0 \rightarrow$  Caractéristique d'une sinuosité faible (tableau 3).

*Tableau 5-5* sinuosité.

N°	Classification	Sinuosité
<b>1</b>	<b>Sinuosité faible</b>	<b><math>\sigma &lt; 0.10</math></b>
<b>2</b>	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma < 0.30$
<b>3</b>	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

## **CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE**

Tableau 5-6 Environnement de la route.

<b>Sinuosité et relief</b>	<b>Faible</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Forte</b>
<b>Plat</b>	<b>E1</b>	E2	/
<b>Vallonné</b>	E2	E2	E3
<b>Montagneux</b>	/	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 (tableau 3-4).

### **3.3 Catégorie de la route :**

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

- ✓ **Les Cinq catégories de la route sont :**
1. CAT 1 : Liaison entre les grands centres économiques.
  2. CAT 2 : Liaison entre d'industrie de transformation et d'industrie légère.
  3. CAT 3 : Liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïras non desservie par le réseau de CAT1 et CAT 2.
  4. CAT 4 : Liaison des centres de vie non relié au réseau de CAT 1-2-3.
  5. 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**

### **3.4 La vitesse de référence :**

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route à 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).

## CHAPITRE 03 : NORMES GEOMETRIQUES ET DONNEE DE BASE

Tableau 5-7 La vitesse de référence.

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

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

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

### 4.1 Généralité :

- Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routières, il est nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leur origine et leur destination.
- L'étude du trafic constitue un moyen important des compactages de flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie non négligeable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception du réseau routier.
- Cette conception repose sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers qui est nécessaire pour :
  - ✓ Définir les caractéristiques des différents tronçons
  - ✓ Apprécier la valeur économique des projets
  - ✓ Estimer les coûts d'entretiens

### 4.2 Différents Types De Trafic :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employées :

#### 4.2.1 *Trafic De Transit :*

Origines à et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).

#### 4.2.2 *Trafic D'échanger :*

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

#### 4.2.3 *Trafic Local :*

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

#### 4.2.4 *Trafic Journalier Moyen Annuel (T.J.M.A) :*

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

#### 4.2.5 *Unité De Véhicules (U.V.P) :*

Exprime par jour ou par l'heure on tient compte.

De l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds on leur affecte un coefficient multiplicateur de deux.

#### A. **Trafic aux heures de pointes :**

- Les heures de pointe du matin (HPM) et les heures de pointe du soir (HPS).

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

- Le trafic journalier de fin de semaine.

### **B. Le trafic journalier moyen d'été ; important pour les régions estivales.**

#### **4.3 Analyse Des Trafics Existants :**

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route :

- A. Le volume, du trafic dans les principaux axes.
- B. Sa composition par type de véhicule.
- C. Conditions de circulation,
- D. Saturation,
- E. L'origine et la destination des trajets.

Cette étude débute par le recueil des données.

#### **4.4 Mesure Des Trafics :**

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

##### **4.4.1 Compactage :**

Pour la Colette de ces données, on utilise plusieurs méthodes et modes de compactage :

Cela consiste à enregistrer le trafic qui passe sur une voie Cela peut se faire par différentes façons dont les principales sont suivantes :

##### **Les comptages manuels :**

Comptages manuels : Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)

##### **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.

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

### 4.4.2 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. Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux.

### 4.5 Calcul De La Capacité :

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

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

### 4.6 Calcul Du Trafic Effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (UVP), en fonction du type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (UVP). Le trafic effectif est donné par la relation :

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

**Avec :**

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'horizon.

**Z** : pourcentage de poids lourds (%).

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



## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

**Tableau 5-8** Valeurs du coefficient P.

<b>Routes</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies	2	4	8

### 4.7 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 :

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

**Avec :**

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

**Q** : est exprimé en UVP/h.

### 4-8 -Débit Horaire Admissible :

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

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

**Avec :**

**K1** : coefficient lié à l'environnement.

**K2** : coefficient de réduction de capacité.

**C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

**Tableau 5-9** Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.

<b>Env. et CAT</b>	<b>Cat1</b>	<b>Cat2</b>	<b>Cat3</b>	<b>Cat4</b>	<b>Cat5</b>
<b>E1</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>E2</b>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
<b>E3</b>	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

Tableau 5-10 Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.

Env	E1	E2	E3
K2	0.75	0.85	0.90 à 0.96

Tableau 5-11 Valeurs de la capacité théorique.

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

### 4.8 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.

#### 4.8.1 Projection future du projet.

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

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

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

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

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

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

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

### 4.8.2 *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

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

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

### 4.8.3 *Débit de point horaire normal.*

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

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

### 4.8.4 *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 (C1) (d'après le B40)

Cth : capacité théorique

Cth= 2000(d'après le **B40** pour **E1**, **C1** et pour une chaussée à **2 voies**).

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

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

## CHAPITRE 04 : ETUDE DU TRAFIC

### 4.8.5 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

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

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

### 4.8.6 Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies.

- $Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$
- $Q_{saturation} = 4 \times 1500 = 6000 \text{ uvp/h}$

$$\bullet \quad n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$\bullet \quad = \frac{\ln\left(\frac{6000}{1500}\right)}{\ln(1+0.05)}$$

- $n = \mathbf{29ans}$

D'où notre route sera saturée dans 29 ans après la mise en service donc l'année de saturation est 2050.

# CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

## 5.1 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 une condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

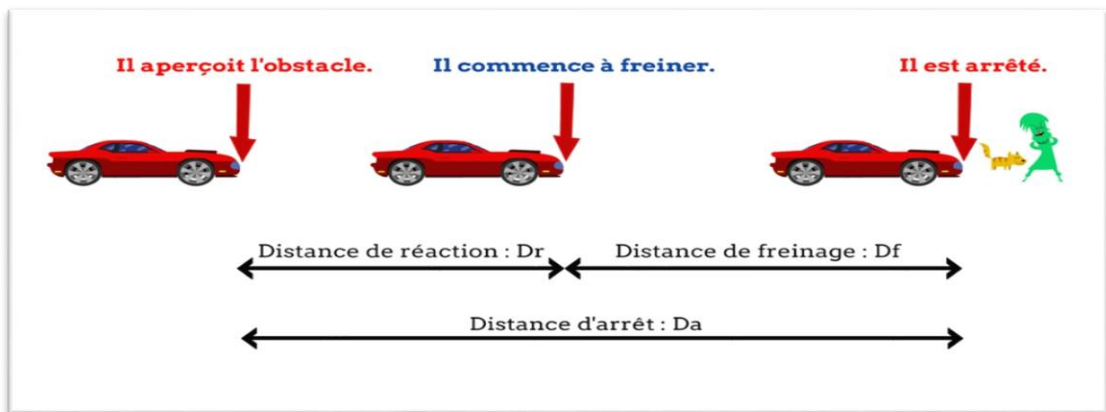


Figure 5-1 Distance de freinage.

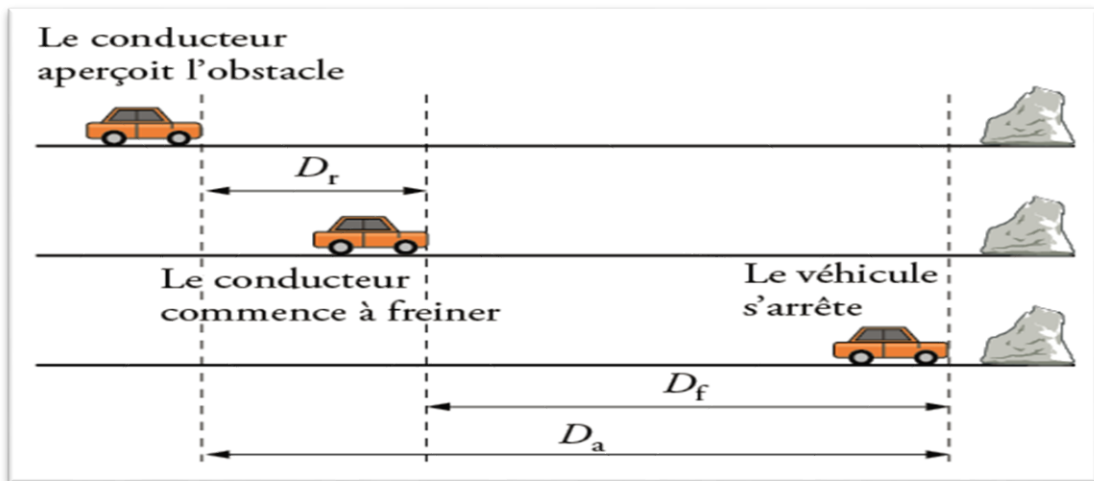


Figure 5-2 Distance de freinage

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

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

Dans ce cas la formule  $d_0$  sera :

**Rampe :**

## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f r_i + e)}$$

**Pente :**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f r_i - e)}$$

**En palier (e=0) on aura :**  $d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f r_l)}$

**V<sub>r</sub> :** Vitesse de référence en Km/h.

**e :** Déclivité.

**f<sub>rl</sub> :** Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V<sub>r</sub>.

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

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

<b>V<sub>r</sub> (Km/H)</b>		40	60	80	100	120	140
<b>f<sub>rl</sub></b>	<b>Catégorie 1-2</b>	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
<b>f<sub>rl</sub></b>	<b>Catégorie 3-4-5</b>	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

D'après les valeurs du tableau des normes B40 et en ce qui concerne notre projet

On a **f<sub>l</sub> = 0.39**.

### **5.2 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 :

## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE



Figure 5-3 Temps de réaction



Figure 5-4 Temps de réaction

Dans Une Attention Concentrée :  $T = 1.2 \text{ S}$ .

Pour Un Obstacle Imprévisible  $T = 0.6 \text{ S}$ .

Pour Un Obstacle Prévisible On Prend  $T = 1.8 \text{ S}$  Par Rapport A La Catégorie Et La Vitesse :

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

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

## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

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

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

### 5.3 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).

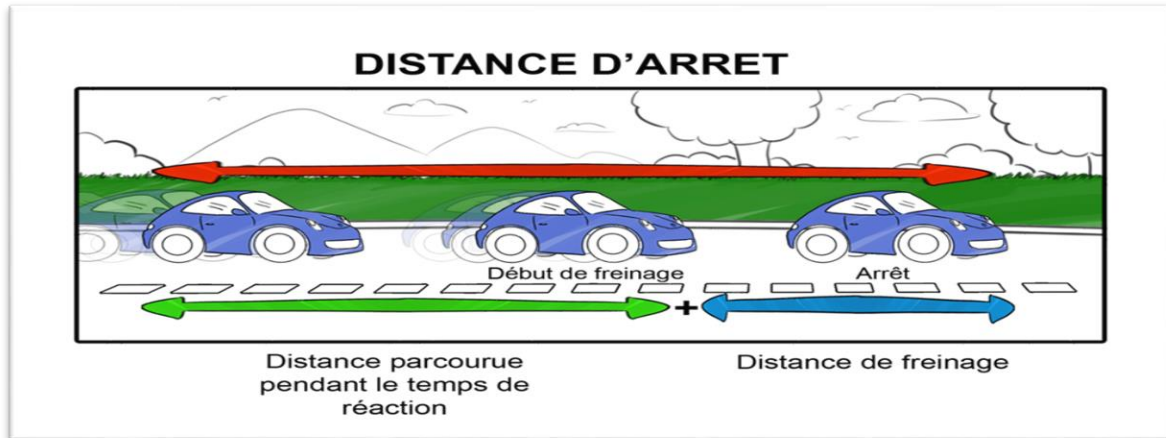


Figure 5-5 Distance d'arrêt.

Tableau 5-3 Lois de distance d'arrêt.

Nature de route T(s)	Alignement droit	Courbe
1.8	$D_1 = d_0 + 0.50v$	$D_1 = 1.25d_0 + 0.50v$
2	$D_1 = d_0 + 0.55v$	$D_1 = 1.25d_0 + 0.55v$

**D1** : distance d'arrêt.

**D0** : distance de freinage.

**V** : vitesse (km/h).

### 5.4 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.



## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

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

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

D'après le tableau des normes de la B40, on tire les valeurs de dvd, dmd et dmd en fonction de la vitesse.

### Espacement entre deux véhicules :



Figure 5-6 Espacement entre véhicule.

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

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

## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

### 5.5 Application Au Projet :

#### 5.5.1 Distance de freinage :

Pour notre projet on a  $f = 0.39$  (Tableau 5-1)

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

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

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

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

**Rampe :**

$$e = 0.052$$

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

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

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

**Pente :**

$$e = 0.052$$

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

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

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

En palier ( $e=0$ ) on aura :

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

## CHAPITRE 05 : PARAMETRES CINEMATIQUE

### 5.5.2 Distance d'arrêt :

**En alignement droit :**

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

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

**En courbe :**

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

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

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

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

$$D_{vdM} = 320 \text{ m} \quad d_{vdN} = 480 \text{ m} \longrightarrow d_{md} = 200 \text{ m (Tableau 5-4)}$$

**Espacement entre véhicules :**

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

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

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

### 6.1 Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné. Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des courbes. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau. Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

### 6.2 La Vitesse De Référence (De Base) :

La vitesse de référence ( $v_b$ ) : C'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief... etc.).

#### 6.2.1 Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

### 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 L1 selon la norme établie par l'ICTAAL 2000.

### 6.4 Règles et principes du tracé en plan :

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à **RHnd** (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du 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.
- 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 du tracé.

### 6.5 Les Eléments 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.

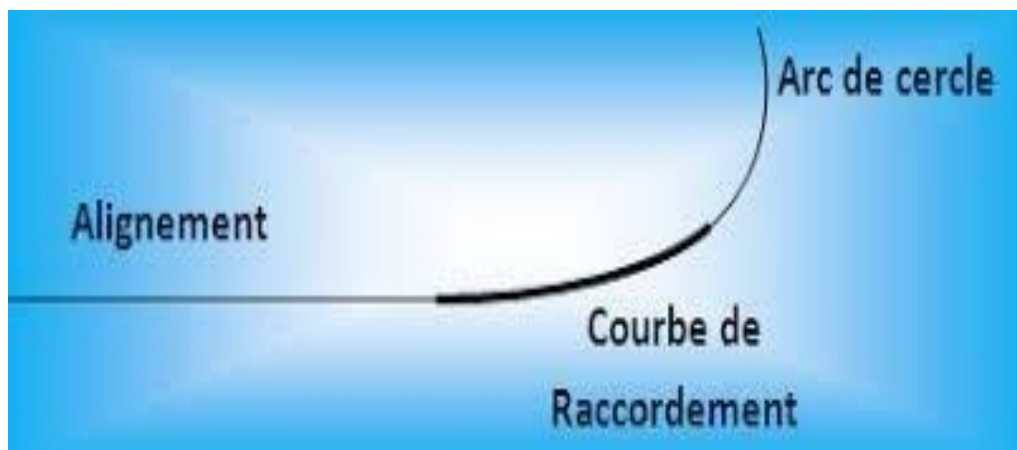


Figure 0-1 Elément du tracé en plan.

#### 6.5.1 Alignements droits :

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.

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

Avec  $V$  en :

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

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 problèmes se posent :

- 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.

#### 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  **$R_{Hm}$**  avec :

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

**Tableau 0-1** Dévers en fonction de l'environnement.

Environnement Dévers	Facile	Moyen	Difficile
<b>Dévers Minimal</b>			
• Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
• Cat 3-4-5	3%	3%	3%
<b>Dévers Maximal</b>			
• Cat 1-2	7%	7%	7%
• Cat 3-4	8%	8%	8%
• 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.

$$R_{Hm} = \frac{v_r^2(\text{km/h})}{127(d+ft)}$$

#### 6.6.2 *Le rayon minimal normal RHN :*

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

$$R_{Hm} = \frac{(v_r+20)^2}{127(d+ft)}$$

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

**Dévers associé.**

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

**$d_{min}$**  = 2.5% en catégorie 1 – 2

**$d_{min}$**  = 3% en catégorie 3– 4

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

### 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.

$$RHm = \frac{v_r^2}{127(f'' - dmin)}$$

### 6.6.5 Détermination des dévers $d$ max et $d$ min:

Tableau 0-2 Dévers

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
<b>d min</b>	2.50% -	2.50% -	3%	3%	4%
<b>d max</b>	7%	7%	8%	8%	9%

### 6.6.6 Détermination du coefficient transversal $f_t$ :

Tableau 0-3 Valeur du coefficient  $f_t$

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

### 6.6.7 Détermination du coefficient $F''$ en fonction de la catégorie :

Tableau 0-4 Valeur du coefficient «  $F''$  ».

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
<b><math>F''</math></b>	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau 0-5 Tableau récapitulatif

<b>Vitesse réf</b>	80km /h
<b>Dmax</b>	7 %
<b>Dmin</b>	-2,50 %
<b>d=dmax-2%</b>	5%
<b><math>F_t</math></b>	0,13
<b><math>f''</math></b>	0,06



## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

### 6.6.8 Rayons en plan d'après les normes B40 :

Tableau 0-6 Les rayons en plan selon B40

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

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

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

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

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

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

$$RHd = 1007.87 \text{ m}$$

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

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

### 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.

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

### 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 :

$$S = 50 / R$$

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.

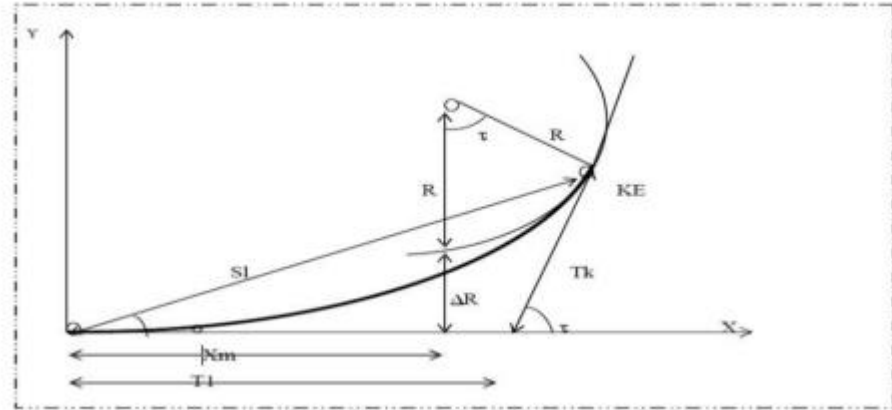
#### 6.7.2 Expression mathématique de la Clothoïde

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN



*Figure 0-2* Elément de la Clothoïde

R : rayon du cercle.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

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

$\tau$  : angle des tangentes :

$\tau = L / 2 * R$

TC : tangente courte.

TL : tangente longue  $\sigma$  : angle polaire.

SL : corde KE KA.

M : centre du cercle d abscisse Xm.

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

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

X : abscisse de KE

Y : ordonnée de KE

### 6.7.3 Longueur de la Clothoïde

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

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

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

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

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

**Règle générale (B40) :**

$$\begin{matrix} \text{+} & R \leq 1500m & \Delta R = 1m & \text{(éventuellement } 0.5m) \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} \text{+} & 1500 < R \leq 5000m \end{matrix}$$

$$\boxed{L \geq R/9}$$

$$\begin{matrix} \text{+} & R > 5000m & \Delta R = 2.5 m \end{matrix}$$

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

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

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

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

**Règle générale (B40) :**

$$\begin{matrix} \text{+} & R \leq 1500m & \Delta R = 1m & \text{(éventuellement } 0.5m) \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} \text{+} & 1500 < R \leq 5000m \end{matrix}$$

$$\boxed{L \geq R/9}$$

$$\begin{matrix} \text{+} & R > 5000m & \Delta R = 2.5 m \end{matrix}$$

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

### Condition de gauchissement :

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

### Condition

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

**L** : longueur de raccordement.

**l** : Largeur de la chaussée.

**Δd** : variation de dévers.

### Condition de confort dynamique :

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

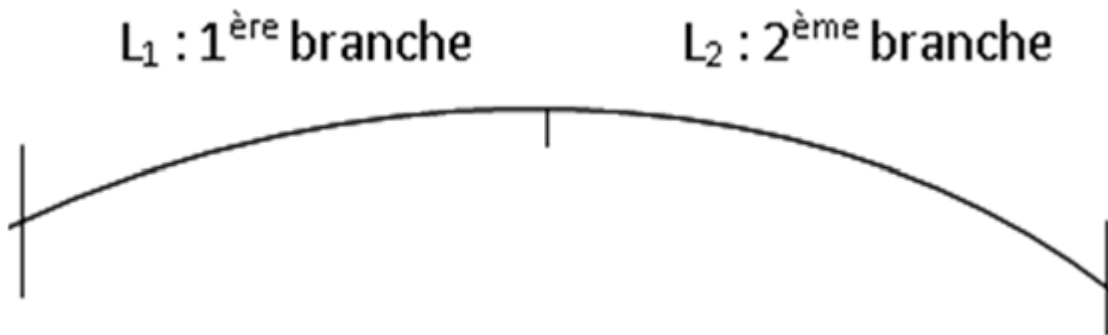
$$L \leq \frac{v^2}{18} \left[ \frac{v^2}{127R} - \Delta d \right]$$

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN

### 6.7.4 Vérification de non chevauchement :

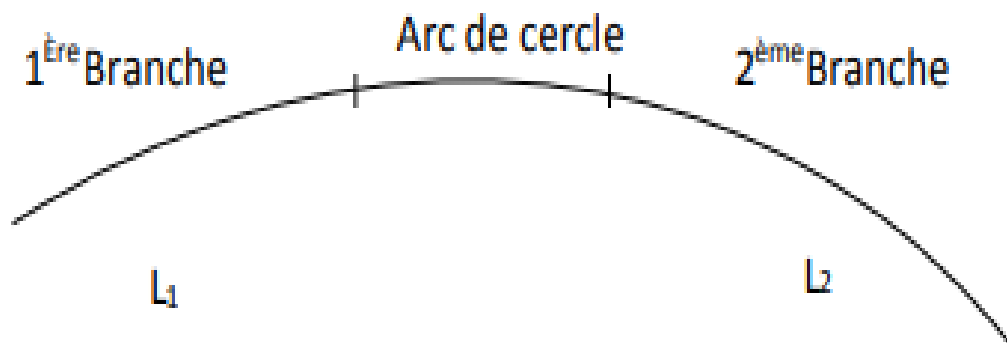
**1er cas :  $\tau < \frac{Y}{2}$**  : Les deux alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde donc non chevauchement.



**Clothoïde sans arc de cercle :**

**2ème cas :**

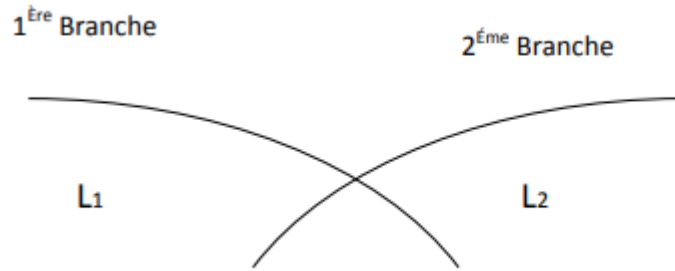
$\tau = \frac{Y}{2}$  : les 2 alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde sans Arc de cercle.



**Clothoïde avec arc de cercle :**

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

## CHAPITRE 06 : TRACE EN PLAN



Clothoïde **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.

### 6.7.5 Application

**Profil 441 :**

Arc : 200.01

Clothoïde :

L : 69,299 m

Droit =130.801m.

### 6.7.6 Conclusion

Donc les règles de dimensionnements du tracé en plan visent agrandir de bonnes conditions de sécurités et confort adapte à chaque catégorie de route.

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

### 7.1 Définition :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

### 7.2 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

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

### 7.3 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

### 7.4 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 :

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

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

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

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

### 7.5 Déclivité :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

#### 7.5.1 Déclivité minimum :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

#### 7.5.2 Déclivité maximum :

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%.

Tableau 0-7 Valeur de déclivité maximale (Normes B40)

Vr (km/h)	40	60	80	100	120	140
I <sub>max</sub>	8	7	6	5	4	4

### 7.6 Les raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long.

Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccords :



## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

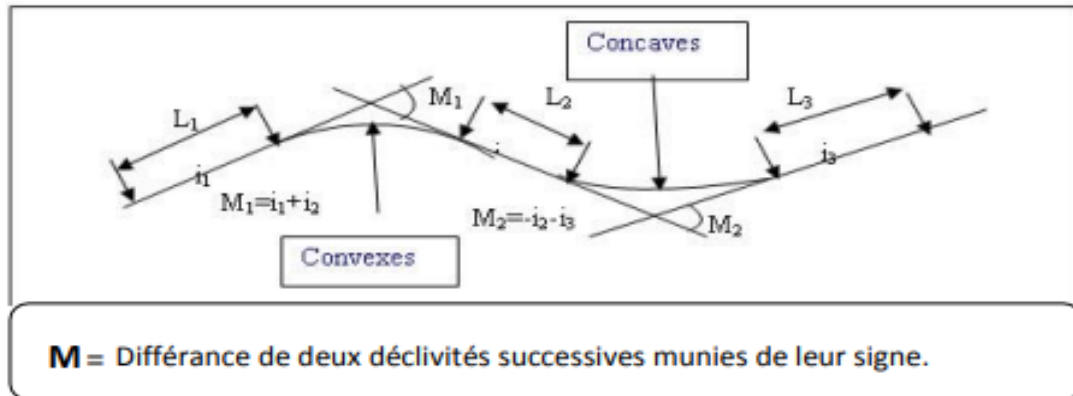


Figure 0-3 Raccordement convexe et concave.

### 7.6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire aux deux conditions

Suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

#### 7.6.1.1 Condition de confort :

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

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

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'où :

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

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

Tel que :

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

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

### 7.6.1.2 Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition Supplémentaire à celle de la condition de confort.

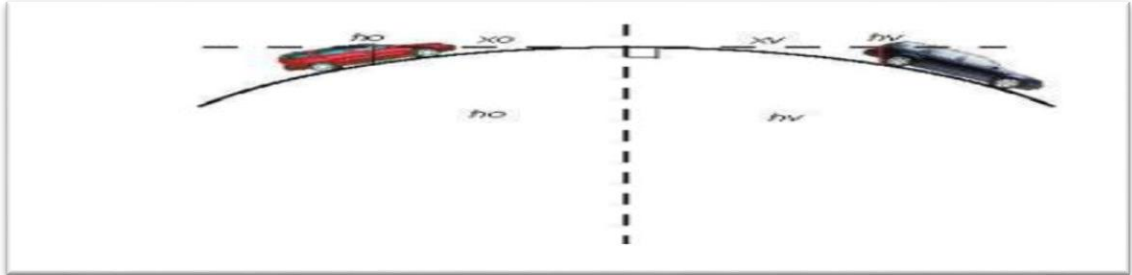


Figure 0-4 Visibilité.

Il faut que deux véhicules qui circule en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

**d** : Distance d'arrêt (m).

**h0** : Hauteur de l'œil (m).

**h1** : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

**h0**=1,1 m

**h1**= 0,15 m

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

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

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base

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

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

**Tableau 0-8** Rayons convexes (angle saillant) [B40]

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

### 7.6.2 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 :

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

**Dans notre cas :**

**Tableau 0-9** Rayons concaves (angle rentrant).

Rayon	Symbole	Valeur
<b>Min -absolu</b>	<b>Rvm1</b>	<b>2400</b>
<b>Min – normal</b>	<b>RVN</b>	<b>3000</b>
<b>Dépassement</b>	<b>RVD</b>	<b>11000</b>

### 7.7 Détermination pratique du profil en long :

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

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

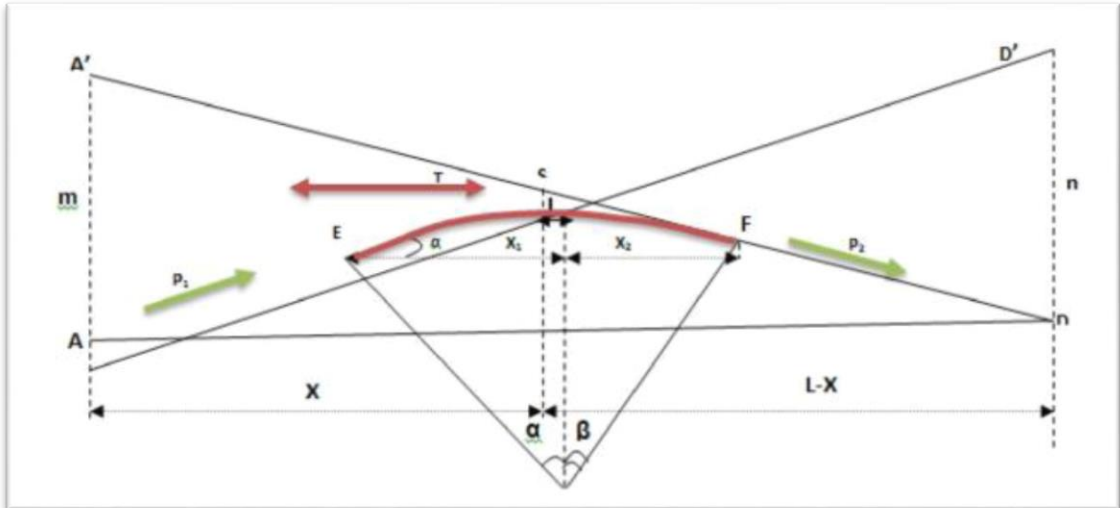
À l'équation de la parabole

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

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

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

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG



*Figure 0-5 Détermination du profil en long.*

### 7.7.1 Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

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

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

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc

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

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

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

### 7.8 Calculs de La tangente :

$$T = \frac{R}{2} | P1 - P2 |$$

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.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = X_s - T \\ Z_E = Z_s - T.P_1 \end{array} \right\} ; \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = X_s + T \\ Z_F = Z_s - T.P_2 \end{array} \right\}$$

### 7.9 Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

### 7.9.1 Calcul de la flèche :

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

### 7.9.2 Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

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

### 7.9.3 Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

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

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

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

Dans 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.

### 7.10 Exemple de calcul de profil en long Rentrant :

Calcul de la tangente :

- Dans le cas où les déclivités sont de sens contraire :  $T = \frac{Rv}{200} |P_1 + P_2|$
- Dans le cas où les déclivités sont de même sens :  $T = \frac{Rv}{200} |P_1 - P_2|$

$$RV = 5888.66 \text{ m.}$$

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

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

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

## CHAPITRE 07 : PROFIL EN LONG

**La flèche F :**

$$F = \frac{T^2}{2Rv} = \frac{44.16^2}{2 \cdot 5888.66} \rightarrow F = 0.07\text{m}$$

**Tableau 0-10** Le tableau suivant donne les différentes valeurs relatives à notre projet.

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

## CHAPITRE 08 : PROFIL EN TRAVERS

### 8.1 Généralités :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

Les éléments du Profil en Travers

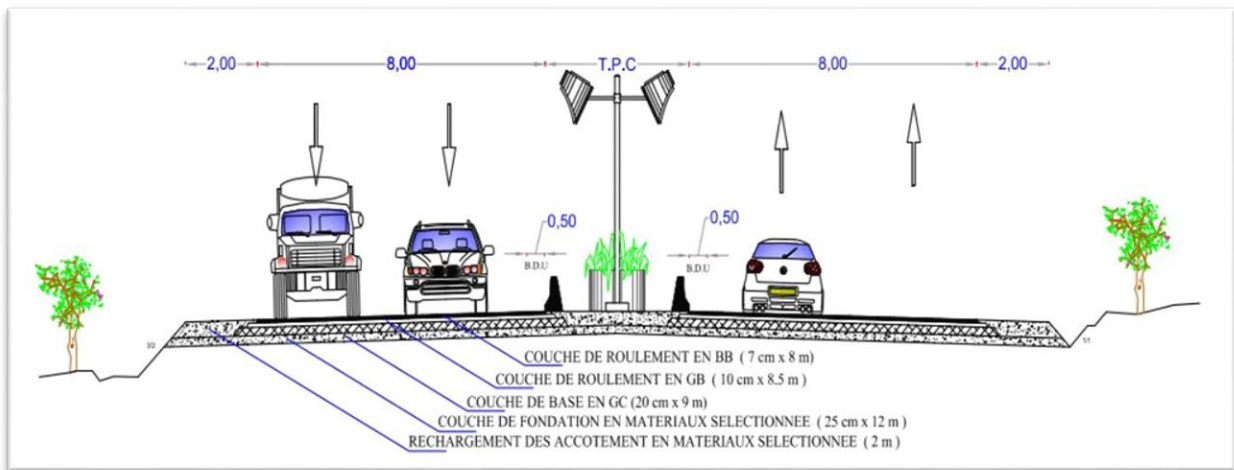


Figure 0-6 Eléments du profil en travers

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

#### 8.1.1 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 la considération de débit, elle est divisée en voies de circulation.

#### 8.1.2 Les accotements :

Les accotements se trouvent aux côtés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour le 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.

## CHAPITRE 08 : PROFIL EN TRAVERS

### 8.1.3 Plate-forme :

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

### 8.1.4 L'assiette :

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

### 8.1.5 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.

### 8.1.6 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 :

- La base du talus.
- Hauteur du talus.

### 8.1.7 Le fossé :

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

### 8.1.8 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.

### 8.1.9 La largeur rouable :

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

## 8.2 Classification Du Profil En Travers :

Ils existent deux types de profil :

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



## CHAPITRE 08 : PROFIL EN TRAVERS

### ***8.2.1 Le profil en travers type :***

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

### ***8.2.2 Le profil en travers courant :***

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20,25 m...). Qui servent à calculer les cubatures.

## **8.3 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.
- Le terre-plein central T.P.C : 4 m

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

### 9.1 Généralités :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont un objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai).

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

### 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 calculé 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.

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

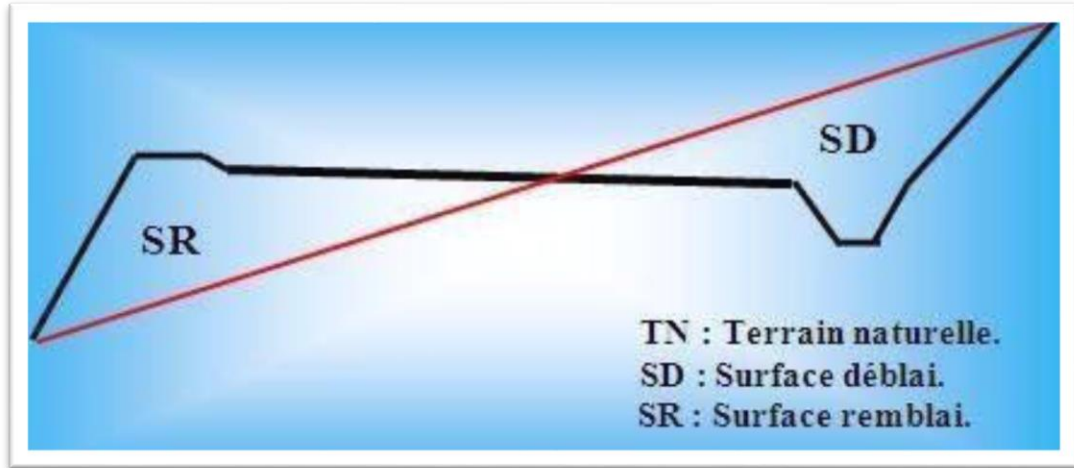


Figure 0-7 Volume déblai, remblai.

### 9.3.1 Formule de Mr SARRAUS :

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

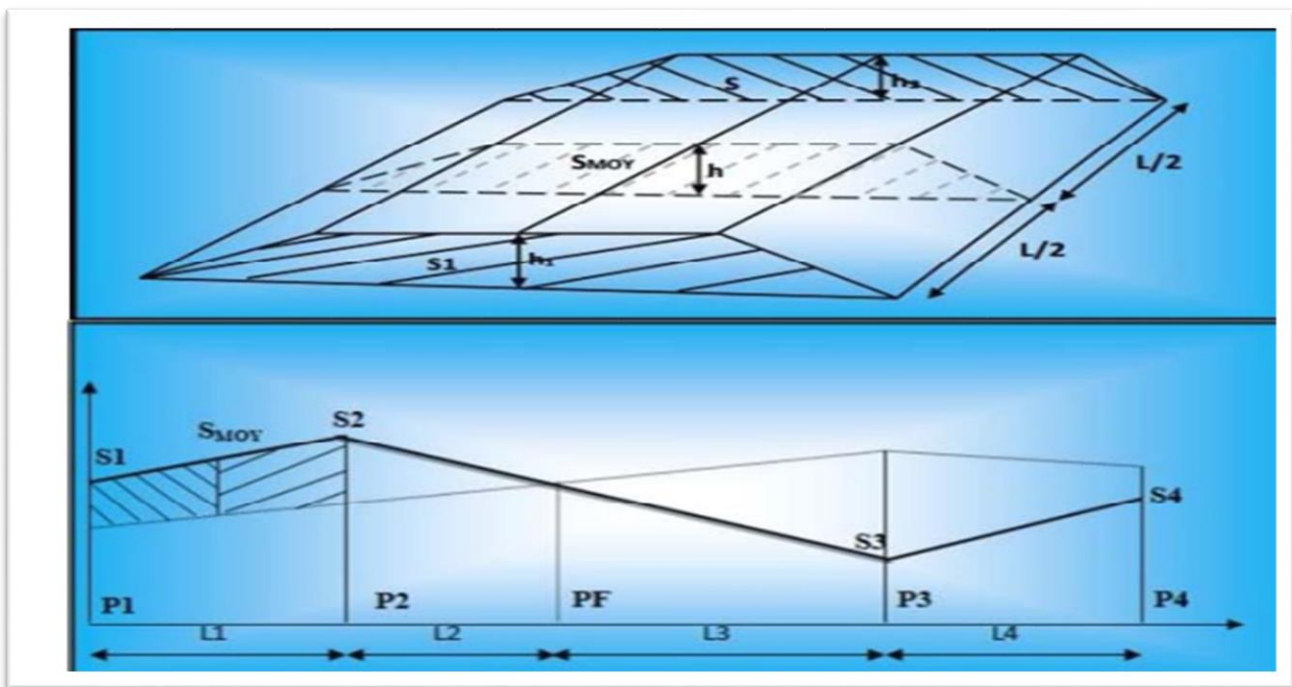


Figure 0-8 Calcul volume déblai ; Remblai.

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

**PF** : profil fictive, surface nulle.

**Si** : surface de profil en travers Pi.

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

**$L_i$**  : distance entre ces deux profils.

**SMOY** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ ).

Pour éviter des calculs très longs, 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 :

$$\text{Entre P1 et P2 : } V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre P2 et PF : } V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{Entre Pf et P3 : } V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$$

$$\text{Entre P3 et P4 : } V_4 = \frac{l_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

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

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

### 9.3.2 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.

### 9.3.3 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

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.

### 9.4 Application au projet

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel Covadis. Les résultats détaillés sont en annexe.

L'objectif fixé est de réduire au maximum la différence entre les volumes de déblais et remblais.

$$\text{Volume total de décapage} = (2+8)*2+4=96000\text{m}^3.$$

$$\text{Volume des déblais : } V_D = 4373,704 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume des remblais : } V_R = 52104,75 \text{ m}^3$$

Différence de volume (excès de remblai) :

$$V_R - V_D = 4373,704 - 52104,75 = -47731.046 \text{ m}^3$$

$$V_R - V_D = 47731.046 \text{ m}^3.$$

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

Divers		Point d'axe		Altitude		Elément			Abscisse	Profil n°
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine		
-2.50	2.50	753076.353	2527038.909	299.854	299.691		AD	Extremité	8000.000	P321
-2.50	2.50	753101.044	2527042.825	299.983	299.700	AD	AD	Interv	8025.000	P322
-2.50	2.50	753125.736	2527046.741	300.080	299.745	RP	AD	Interv	8050.000	P323
-2.50	2.50	753150.427	2527050.657	300.075	299.651	RP	AD	Interv	8075.000	P324
-2.50	2.50	753175.118	2527054.573	299.966	299.564	RP	AD	Interv	8100.000	P325
-2.50	2.50	753199.810	2527058.489	299.790	299.464	AD	AD	Interv	8125.000	P326
-2.50	2.50	753224.501	2527062.405	299.613	299.330	AD	AD	Interv	8150.000	P327
-2.50	2.50	753249.192	2527066.321	299.435	299.156	AD	AD	Interv	8175.000	P328
-2.50	2.50	753273.884	2527070.237	299.258	298.964	AD	AD	Interv	8200.000	P329
-2.50	2.50	753298.575	2527074.153	299.081	298.771	AD	AD	Interv	8225.000	P330
-2.50	2.50	753323.267	2527078.070	298.904	298.554	AD	AD	Interv	8250.000	P331
-2.50	2.50	753347.958	2527081.986	298.727	298.382	AD	AD	Interv	8275.000	P332
-2.50	2.50	753372.649	2527085.902	298.549	298.255	AD	AD	Interv	8300.000	P333
-2.50	2.50	753397.341	2527089.818	298.372	298.121	AD	AD	Interv	8325.000	P334
-2.50	2.50	753422.032	2527093.734	298.195	297.977	AD	AD	Interv	8350.000	P335
-2.50	2.50	753446.723	2527097.650	298.018	297.824	AD	AD	Interv	8375.000	P336
-2.50	2.50	753471.415	2527101.566	297.841	297.682	AD	AD	Interv	8400.000	P337
-2.50	2.50	753496.106	2527105.482	297.663	297.532	AD	AD	Interv	8425.000	P338
-2.50	2.50	753520.798	2527109.398	297.486	297.407	AD	AD	Interv	8450.000	P339
-2.50	2.50	753545.489	2527113.315	297.343	297.338	RP	AD	Interv	8475.000	P340
-2.50	2.50	753570.180	2527117.231	297.310	297.269	AD	AD	Interv	8500.000	P341
-2.50	2.50	753594.872	2527121.147	297.310	297.264	AD	AD	Interv	8525.000	P342
-2.50	2.50	753619.563	2527125.063	297.310	296.879	AD	AD	Interv	8550.000	P343
-2.50	2.50	753644.238	2527129.075	297.310	296.536	AD	Arc	Interv	8575.000	P344
-2.50	2.50	753668.699	2527134.224	297.310	296.552	AD	Arc	Interv	8600.000	P345
-2.50	2.50	753692.837	2527140.719	297.310	296.723	AD	Arc	Interv	8625.000	P346
-2.50	2.50	753716.579	2527148.540	297.310	296.742	AD	Arc	Interv	8650.000	P347
-2.50	2.50	753739.851	2527157.665	297.310	296.640	AD	Arc	Interv	8675.000	P348
-2.50	2.50	753762.582	2527168.064	297.310	296.548	AD	Arc	Interv	8700.000	P349
-2.50	2.50	753784.835	2527179.455	297.310	296.665	AD	AD	Interv	8725.000	P350
-2.50	2.50	753807.059	2527190.905	297.310	296.836	AD	AD	Interv	8750.000	P351
-2.50	2.50	753829.283	2527202.355	297.310	296.963	AD	AD	Interv	8775.000	P352
-2.50	2.50	753851.507	2527213.805	297.310	296.973	AD	AD	Interv	8800.000	P353
-2.50	2.50	753873.731	2527225.255	297.310	297.022	AD	Arc	Interv	8825.000	P354
-2.50	2.50	753895.975	2527236.664	297.315	297.201	RP	AD	Interv	8850.000	P355
-2.50	2.50	753918.220	2527248.074	297.371	297.368	AD	AD	Interv	8875.000	P356
-2.50	2.50	753940.464	2527259.484	297.435	297.495	AD	AD	Interv	8900.000	P357
-2.50	2.50	753962.709	2527270.893	297.499	297.597	AD	AD	Interv	8925.000	P358
-2.50	2.50	753984.954	2527282.303	297.562	297.891	AD	AD	Interv	8950.000	P359
-2.50	2.50	754007.198	2527293.713	297.626	297.842	AD	AD	Interv	8975.000	P360
-2.50	2.50	754029.443	2527305.122	297.690	297.753		AD	Extremité	9000.000	P361

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

Divers		Point d'axe		Altitude		Elément				
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine	Abscisse	Profil n°
-2.50	2.50	754029.443	2527305.122	297.690	297.753	AD	AD	Extremité	9000.000	P361
-2.50	2.50	754051.687	2527316.532	297.676	297.318	RP	AD	Interv	9025.000	P362
-2.50	2.50	754073.932	2527327.942	297.406	296.584	AD	AD	Interv	9050.000	P363
-2.50	2.50	754096.176	2527339.352	297.079	295.990	AD	AD	Interv	9075.000	P364
-2.50	2.50	754118.421	2527350.761	296.751	295.604	AD	AD	Interv	9100.000	P365
-2.50	2.50	754140.665	2527362.171	296.424	295.592	AD	AD	Interv	9125.000	P366
-2.50	2.50	754162.910	2527373.581	296.096	295.446	AD	AD	Interv	9150.000	P367
-2.50	2.50	754185.154	2527384.990	295.769	295.317	AD	AD	Interv	9175.000	P368
-2.50	2.50	754207.399	2527396.400	295.442	294.974	AD	AD	Interv	9200.000	P369
-2.50	2.50	754229.643	2527407.810	295.114	294.634	AD	AD	Interv	9225.000	P370
-2.50	2.50	754251.888	2527419.219	294.787	294.294	AD	AD	Interv	9250.000	P371
-2.50	2.50	754274.132	2527430.629	294.459	293.942	AD	AD	Interv	9275.000	P372
-2.50	2.50	754296.377	2527442.039	294.132	293.574	AD	AD	Interv	9300.000	P373
-2.50	2.50	754318.621	2527453.448	293.804	293.209	AD	AD	Interv	9325.000	P374
-2.50	2.50	754340.866	2527464.858	293.477	292.844	AD	AD	Interv	9350.000	P375
-2.50	2.50	754363.110	2527476.268	293.150	292.554	AD	AD	Interv	9375.000	P376
-2.50	2.50	754385.355	2527487.678	292.822	292.318	AD	AD	Interv	9400.000	P377
-2.50	2.50	754407.600	2527499.087	292.495	292.078	AD	AD	Interv	9425.000	P378
-2.50	2.50	754429.844	2527510.497	292.167	291.842	AD	AD	Interv	9450.000	P379
-2.50	2.50	754452.089	2527521.907	291.840	291.605	AD	AD	Interv	9475.000	P380
-2.50	2.50	754474.333	2527533.316	291.513	291.363	AD	AD	Interv	9500.000	P381
-2.50	2.50	754496.578	2527544.726	291.221	291.129	RP	AD	Interv	9525.000	P382
-2.50	2.50	754518.822	2527556.136	291.035	290.993	RP	AD	Interv	9550.000	P383
-2.50	2.50	754540.969	2527567.543	290.952	290.973	AD	AD	Interv	9575.000	P384
-2.50	2.50	754563.101	2527579.361	290.905	290.969	AD	AD	Interv	9600.000	P385
-2.50	2.50	754585.232	2527590.988	290.857	290.986	AD	AD	Interv	9625.000	P386
-2.50	2.50	754607.363	2527602.616	290.810	290.954	AD	AD	Interv	9650.000	P387
-2.50	2.50	754629.495	2527614.244	290.762	290.842	AD	AD	Interv	9675.000	P388
-2.50	2.50	754651.626	2527625.872	290.715	290.876	AD	AD	Interv	9700.000	P389
-2.50	2.50	754673.757	2527637.499	290.667	290.606	AD	AD	Interv	9725.000	P390
-2.50	2.50	754695.889	2527649.127	290.620	290.419	AD	AD	Interv	9750.000	P391
-2.50	2.50	754718.180	2527660.444	290.572	290.364	AD	AD	Interv	9775.000	P392
-2.50	2.50	754740.498	2527671.709	290.524	290.344	AD	AD	Interv	9800.000	P393
-2.50	2.50	754762.816	2527682.975	290.477	290.335	AD	AD	Interv	9825.000	P394
-2.50	2.50	754785.133	2527694.241	290.429	290.381	AD	AD	Interv	9850.000	P395
-2.50	2.50	754807.451	2527705.507	290.382	290.423	AD	AD	Interv	9875.000	P396
-2.50	2.50	754829.769	2527716.773	290.334	290.351	AD	AD	Interv	9900.000	P397
-2.50	2.50	754852.087	2527728.039	290.287	290.291	AD	AD	Interv	9925.000	P398
-2.50	2.50	754874.404	2527739.305	290.239	290.122	RP	AD	Interv	9950.000	P399
-2.50	2.50	754896.722	2527750.570	290.127	289.793	RP	AD	Interv	9975.000	P400
-2.50	2.50	754919.040	2527761.836	289.924	289.423	RP	AD	Extremité	10000.000	P401

## CHAPITRE 09 : CUBATURES

Divers		Point d'axe		Altitude		Elément				
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine	Abscisse	Profil n°
-2.50	2.50	754919.040	2527761.836	289.924	289.423	AD	AD	Extrémité	10000.000	P401
-2.50	2.50	754941.357	2527773.102	289.657	289.055	AD	AD	Interv	10025.000	P402
-2.50	2.50	754963.675	2527784.368	289.389	288.687	AD	AD	Interv	10050.000	P403
-2.50	2.50	754985.993	2527795.634	289.122	288.377	AD	AD	Interv	10075.000	P404
-2.50	2.50	755008.311	2527806.900	288.855	288.101	AD	AD	Interv	10100.000	P405
-2.50	2.50	755030.628	2527818.166	288.588	288.025	AD	AD	Interv	10125.000	P406
-2.50	2.50	755052.946	2527829.431	288.321	287.865	AD	AD	Interv	10150.000	P407
-2.50	2.50	755075.264	2527840.697	288.053	287.796	AD	AD	Interv	10175.000	P408
-2.50	2.50	755097.581	2527851.963	287.803	287.729	RP	AD	Interv	10200.000	P409
-2.50	2.50	755119.920	2527863.187	287.646	287.766	RP	Arc	Interv	10225.000	P410
-2.50	2.50	755142.347	2527874.234	287.590	287.806	RP	Arc	Interv	10250.000	P411
-2.50	2.50	755164.865	2527885.094	287.626	287.727	AD	Arc	Interv	10275.000	P412
-2.50	2.50	755187.473	2527895.766	287.677	287.758	AD	Arc	Interv	10300.000	P413
-2.50	2.50	755210.169	2527906.249	287.728	287.802	AD	Arc	Interv	10325.000	P414
-2.50	2.50	755232.951	2527916.542	287.778	287.856	AD	Arc	Interv	10350.000	P415
-2.50	2.50	755255.818	2527926.646	287.829	287.914	AD	Arc	Interv	10375.000	P416
-2.50	2.50	755278.769	2527936.558	287.880	287.978	AD	Arc	Interv	10400.000	P417
-2.50	2.50	755301.802	2527946.279	287.930	288.131	AD	Arc	Interv	10425.000	P418
-2.50	2.50	755324.915	2527955.808	287.981	288.294	AD	Arc	Interv	10450.000	P419
-2.50	2.50	755348.106	2527965.144	288.007	288.128	RP	Arc	Interv	10475.000	P420
-2.50	2.50	755371.374	2527974.286	287.945	287.901	RP	Arc	Interv	10500.000	P421
-2.50	2.50	755394.718	2527983.233	287.829	287.681	AD	Arc	Interv	10525.000	P422
-2.50	2.50	755418.136	2527991.986	287.711	287.457	RP	Arc	Interv	10550.000	P423
-2.50	2.50	755441.625	2528000.544	287.526	287.676	RP	Arc	Interv	10575.000	P424
-2.50	2.50	755465.166	2528008.960	287.238	287.473	RP	AD	Interv	10600.000	P425
-2.50	2.50	755488.709	2528017.370	286.848	286.733	RP	AD	Interv	10625.000	P426
-2.50	2.50	755512.252	2528025.780	286.356	286.328	RP	AD	Interv	10650.000	P427
-2.50	2.50	755535.795	2528034.190	285.783	285.723	AD	AD	Interv	10675.000	P428
-2.50	2.50	755559.338	2528042.600	285.206	285.148	AD	AD	Interv	10700.000	P429
-2.50	2.50	755582.881	2528051.010	284.657	284.715	RP	AD	Interv	10725.000	P430
-2.50	2.50	755606.424	2528059.419	284.308	284.298	AD	AD	Interv	10750.000	P431
-2.50	2.50	755629.967	2528067.829	283.995	284.018	AD	AD	Interv	10775.000	P432
-2.50	2.50	755653.510	2528076.239	283.682	283.740	AD	AD	Interv	10800.000	P433
-2.50	2.50	755677.053	2528084.649	283.369	283.445	AD	AD	Interv	10825.000	P434
-2.50	2.50	755700.596	2528093.059	283.055	283.108	AD	AD	Interv	10850.000	P435
-2.50	2.50	755724.139	2528101.469	282.742	282.760	AD	AD	Interv	10875.000	P436
-2.50	2.50	755747.573	2528110.178	282.406	282.485	RP	AD	Interv	10900.000	P437
-2.50	2.50	755770.998	2528118.911	281.894	282.234	AD	AD	Interv	10925.000	P438
-2.50	2.50	755794.423	2528127.645	281.357	281.682	AD	AD	Interv	10950.000	P439
-2.50	2.50	755817.848	2528136.379	280.820	281.011	AD	AD	Interv	10975.000	P440
-2.50	2.50	755841.272	2528145.113	280.283	280.402		AD	Extrémité	11000.000	P441



## CHAPITRE 09 : CUBATURES

Divers		Point d'axe		Altitude		Elément				
DRO	GAU	Y	X	Projet	TN	Projet	Axe	Origine	Abscisse	Profil n°
-2.50	2.50	755841.272	2528145.113	280.283	280.402	AD	AD	Extremité	11000.000	P441
-2.50	2.50	755864.697	2528153.847	279.805	279.806	RC	AD	Interv	11025.000	P442
-2.50	2.50	755888.122	2528162.581	279.466	279.542	AD	AD	Interv	11050.000	P443
-2.50	2.50	755911.547	2528171.315	279.182	279.275	AD	AD	Interv	11075.000	P444
-2.50	2.50	755934.971	2528180.049	278.898	278.822	AD	AD	Interv	11100.000	P445
-2.50	2.50	755958.396	2528188.783	278.614	278.752	AD	AD	Interv	11125.000	P446
-2.50	2.50	755981.821	2528197.517	278.331	278.454	AD	AD	Interv	11150.000	P447
-2.50	2.50	756005.246	2528206.251	278.047	278.103	AD	AD	Interv	11175.000	P448
-2.50	2.50	756028.670	2528214.985	277.763	277.789	AD	AD	Interv	11200.000	P449
-2.50	2.50	756052.095	2528223.719	277.479	277.496	AD	AD	Interv	11225.000	P450
-2.50	2.50	756075.520	2528232.452	277.196	277.159	RC	AD	Interv	11250.000	P451
-2.50	2.50	756098.945	2528241.186	276.874	276.841	AD	AD	Interv	11275.000	P452
-2.50	2.50	756122.369	2528249.920	276.540	276.492	AD	AD	Interv	11300.000	P453
-2.50	2.50	756145.794	2528258.654	276.206	276.143	AD	AD	Interv	11325.000	P454
-2.50	2.50	756169.219	2528267.388	275.872	275.824	AD	AD	Interv	11350.000	P455
-2.50	2.50	756192.644	2528276.122	275.538	275.638	AD	AD	Interv	11375.000	P456
-2.50	2.50	756216.068	2528284.856	275.204	275.327	AD	AD	Interv	11400.000	P457
-2.50	2.50	756239.493	2528293.590	274.871	274.989	AD	AD	Interv	11425.000	P458
-2.50	2.50	756262.918	2528302.324	274.537	274.627	AD	AD	Interv	11450.000	P459
-2.50	2.50	756286.343	2528311.058	274.203	274.283	AD	AD	Interv	11475.000	P460
-2.50	2.50	756309.767	2528319.792	273.986	273.974	RC	AD	Interv	11500.000	P461
-2.50	2.50	756333.192	2528328.526	274.004	273.932	AD	AD	Interv	11525.000	P462
-2.50	2.50	756356.617	2528337.259	274.100	273.815	RC	AD	Interv	11550.000	P463
-2.50	2.50	756380.041	2528345.993	274.189	273.829	RC	AD	Interv	11575.000	P464
-2.50	2.50	756403.466	2528354.727	274.270	273.734	RC	AD	Interv	11600.000	P465
-2.50	2.50	756426.891	2528363.461	274.343	273.800	RC	AD	Interv	11625.000	P466
-2.50	2.50	756450.316	2528372.195	274.409	273.760	RC	AD	Interv	11650.000	P467
-2.50	2.50	756473.740	2528380.929	274.466	273.764	RC	AD	Interv	11675.000	P468
-2.50	2.50	756497.165	2528389.663	274.515	273.540	RC	AD	Interv	11700.000	P469
-2.50	2.50	756520.590	2528398.397	274.557	273.835	RC	AD	Interv	11725.000	P470
-2.50	2.50	756544.015	2528407.131	274.590	273.855	RC	AD	Interv	11750.000	P471
-2.50	2.50	756567.439	2528415.865	274.617	273.678	AD	AD	Interv	11775.000	P472
-2.50	2.50	756590.864	2528424.599	274.642	273.768	AD	AD	Interv	11800.000	P473
-2.50	2.50	756614.289	2528433.333	274.668	273.962	RP	AD	Interv	11825.000	P474
-2.50	2.50	756637.714	2528442.067	274.773	273.957	RP	AD	Interv	11850.000	P475
-2.50	2.50	756661.138	2528450.800	274.941	274.344	RP	AD	Interv	11875.000	P476
-2.50	2.50	756684.563	2528459.534	275.171	275.119	RP	AD	Interv	11900.000	P477
-2.50	2.50	756707.988	2528468.268	275.463	276.184	RP	AD	Interv	11925.000	P478
-2.50	2.50	756731.413	2528477.002	275.818	275.960	RP	AD	Interv	11950.000	P479
-2.50	2.50	756754.837	2528485.736	276.236	275.731	RP	AD	Interv	11975.000	P480
0.41	2.50	756778.271	2528494.446	276.716	276.515		AD	Extremité	12000.000	P481

# CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

## 10.1 Introduction

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

Et aussi des conditions thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vide.

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

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

Principe de la constitution des chaussées :

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 :

- **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.

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- **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.

- **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 Définition :***

##### ***10.2.1.1 Au sens géométrique :***

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

##### ***10.2.1.2 Au sens structurel :***

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges :

- **Couche de surface :**

Elle est 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.

- **Couche de base**

Elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- **Couche de fondation**

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

- **Couche de forme**

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux :

Elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) :

Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

### 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).

#### Structures de chaussée

Tableau 0-11 Les différentes catégories de chaussée.

Structure souple	Structure semi rigide	Structure rigide
<ul style="list-style-type: none"><li>• B.B</li><li>• G.N.T</li><li>• SOL SUPPORT</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• B.B</li><li>• G.T + G.B ou G.T</li><li>• SOL SUPPORT</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• BETON DE CIMENT</li><li>• G.T</li><li>• SUPPORT SOL</li></ul>

**BB** : béton bitumineux

**GB** : grave bitume

**GT** : grave traité

**G.N.T** : grave non trait.

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

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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.

- **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).

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

**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 :**

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

$a_1 e_1$ : 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  $e_1, e_2, e_4$  et on calcul  $e_3$  tel que :**

$e_1$  : Couche roulement 6 à 8 cm.

$e_2$  : Couche deliaison6 à 10 cm.

$e_3$  : couche de base 10 à 25.

$e_4$  : couche de fondation 15 à 35 cm

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### 10.4.1 Coefficient d'équivalence

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

Tableau 0-12 Coefficient d'équivalence des matériaux.

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

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

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

### 10.5 Application Au Projet :

#### 10.5.1 Méthode de l'indice CBR :

Données de l'étude :

Le trafic à l'année de compactage 2018 TMJA = 7000V/J.

Le trafic à 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

## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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

$$N1 = TMJA2021 \times \%PL.$$

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

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

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

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

### 10.5.2 Calcul d'épaisseur théorique :

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

Calcul d'épaisseur théorique :

On a : C.B.R = 7

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

$$e = 52.24 \text{ cm}$$

$$e \approx 52 \text{ cm}$$

### 10.5.1 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

$$a1 \times e1 = 2.00 \times 7 = 14 \text{ cm}$$



## CHAPITRE10 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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 :

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

Couche de fondation en « Tuf » :

$$a_4 = 0.6.$$

### 10.5.1.1 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 :

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

$$E \approx 5$$

Tableau 0-13 Dimensionnement du corps de chaussée.

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

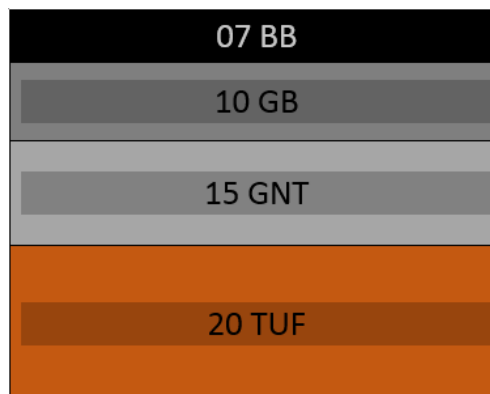


Figure 0-9 Les couches de corps de chaussée.

# CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

## 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 Moyens de reconnaissance :

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

- L'étude des archives et documents existants (cartes géologiques et géotechniques)
- Les visites sur site.
- Les essais « in-situ ».
- Les essais de laboratoire.

# CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

## 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 pressio-métriques, 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 :

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

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 :
  1. Balance sensible à 0,01g près pour les sols fins
  2. Balance sensible à 0,1g près pour les sols sableux
  3. Balance sensible au gramme près pour les sols grossiers.

##### **d) Mode opératoire :**

**N.B :** l'essai doit se faire sur deux prises pour en fin prendre la moyenne.

- 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.

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- 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%.

### Calcul de la teneur en eau :

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

$$W = \frac{ps}{ph} \times 100$$

$$[(Ph - Ps) : Ps] \times 100 = \text{Teneur en eau (W)}$$

### 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 Ps et Ph dans la formule mathématique et déterminer la teneur en eau (W) du sol étudié.

### 11.5.1.2 Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053)

#### a) Définition :

( $\gamma$ ) est la masse d'un volume unité de sol :

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

$$\gamma_{ds} = W_s / V$$

### b) Principe de l'essai :

On utilise le principe de la poussée d'Archimède.

En effet, on mesure le volume d'eau déplacé lors 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 déterminer expérimentalement au laboratoire de certaines caractéristiques physiques des sols.

### d) Domaine d'utilisation :

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

### 11.5.1.3 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)

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

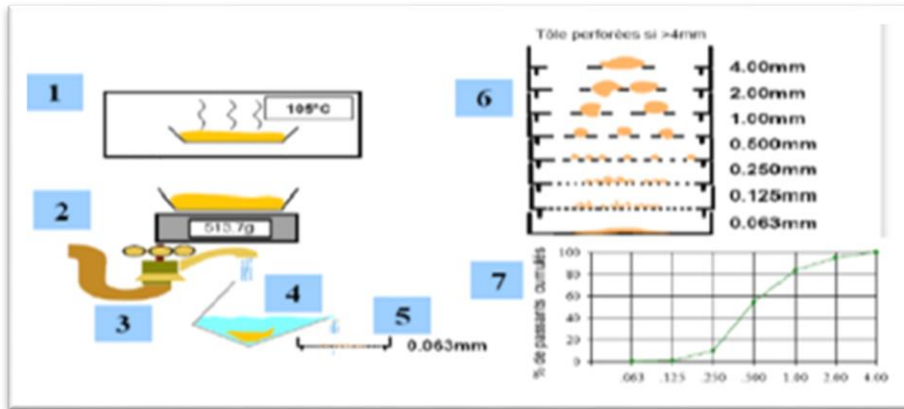


Figure 0-10 Analyse granulométrique.

### 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 agglomérés 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.

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE



Figure 0-11 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 0-12 Méthode d'essai.

### f) Mode opératoire :

#### 1- 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 (OBLIGATOIRE)
- Tamis de  $80\mu\text{m}$
- Séchage des refus à  $80\mu\text{m}$  (sables et graviers)



# CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- Tamisage à sec des refus à 80 µm
- Pesage des refus secs La figure ci-dessus représente le premier mode opératoire :

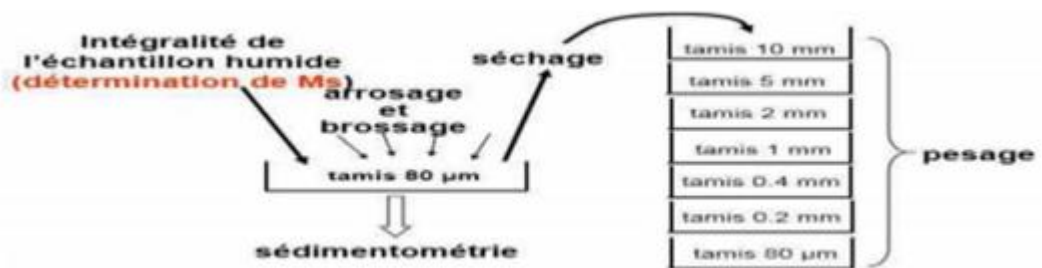


Figure 0-13 Mode opératoire 01.

## 2- Mode opératoire N°2 :

Pesage des refus cumulés (Ri) :

- R1, (R1 + R2), R1 + R2 + R3, ... etc

Calcul du pourcentage des refus (%) (PRi) :

- $R1 / Ms = PR1$
- $(R1 + R2) / Ms = PR2$
- $(R1 + R2 + R3) / Ms = PR3 \dots etc$

Calcul du pourcentage des tamisas (%) (Ti) :

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

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :

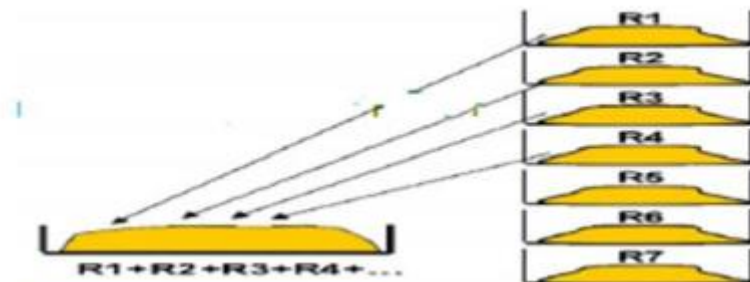


Figure 0-14 Mode opératoire 2

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

### 11.5.1.4 *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.

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- Goupillon pour le nettoyage des éprouvettes. (Voir figure)
- Bacs pour tamisage

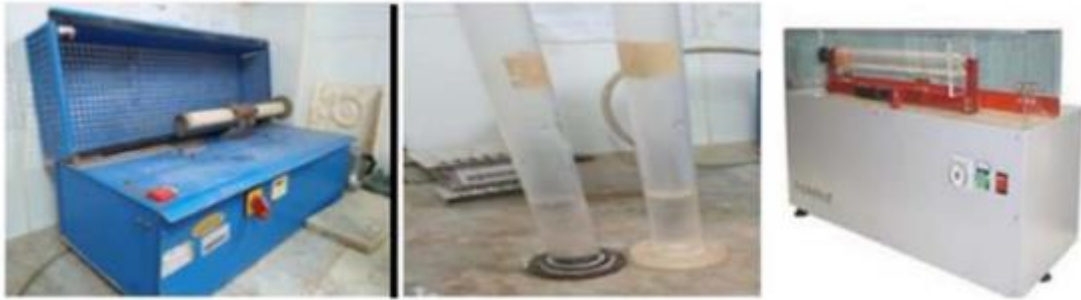


Figure 0-15 Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable.

### 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.
- L'essai d'équivalent de sable

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE



Figure 0-16 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 :

Tableau 0-14 Nature du sol en fonction d'E.S.

N°	Equivalent de sable en %	Observation
01	ESV < 65	Sable argileux; risque de retrait ou de gonflement de béton.
02	65 > ESV < 75	Sable légèrement 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.

### 11.5.1.5 Limites d'Atterberg : NF P 94-051

#### 1. 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  $I_P$  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  $I_L$  fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative Relation entre ces différents facteurs :

# CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

$$I_c = WL - Wp$$

$$I_L = W - Wp$$

$$I_p = WL - Wp$$

## 2. 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.

## 3. Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

- Détermination de la teneur en eau WL 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 WP pour laquelle un rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle).

## 4. 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'écarter 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.

## 5. Détermination de la limite de liquidité :

### a) Matériels utilisés :

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

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- Outil à rainurer
- Les tares

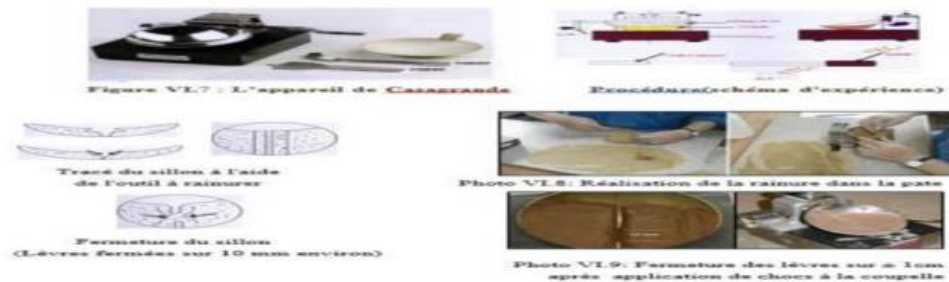


Figure 0-17 Matériels utilisés.

### b) 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.

### c) 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 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 24heures ( la durée de séchage) on pèse mon échantillon  $M_{es}$  (tare + sol sec telle que

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

$M_s = M_{es} - M_v$ ).

### g) Détermination de la limite de plasticité :

#### 1. 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 poignées sur une surface lisse de façon à former des rouleaux ou fuseaux qu'on amincit progressivement jusqu'à ce qu'ils atteignent un diamètre 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, dans 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 11-9)



*Figure 0-18 Limite de plasticité.*

### Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048 5

#### A. Définition :

L'essai de carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) 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 :

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) d'un échantillon de sol ou de roche.

### C. Matériel utilisé :

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



Figure 0-19 Appareillage.

### D. Préparation de l'échantillon :

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



Figure 0-20 Tamisage de l'échantillon. Figure et Pesé l'échantillon

### E. Mode opératoire :

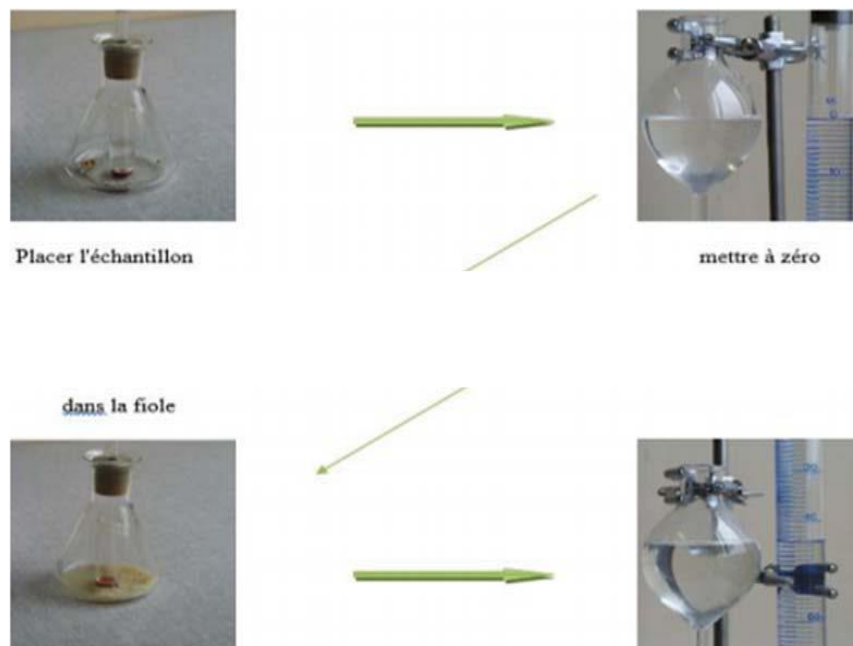
- Verser la prise  $m_1$  dans la fiole.
- Introduire le tube qui contient 10ml de solution d'acide chlorhydrique.



## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse m1.
- Agiter énergiquement la fiole.
- Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- Noter le volume V de gaz.
- Répété l'essai aplatir de l'étape de verser la masse dans la fiole mais pour  $m'=0.050, 0.100, 0.200, 0.300g$ , et calculer  $V'$ .
- Tracer la courbe d'étalonnage.
- Déterminer à partir de la courbe la masse m2.

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



**Figure 0-21** Mode opératoire de l'essai carbonate.

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

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

Tableau 0-15 Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

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

### 11.5.2 Essais mécaniques :

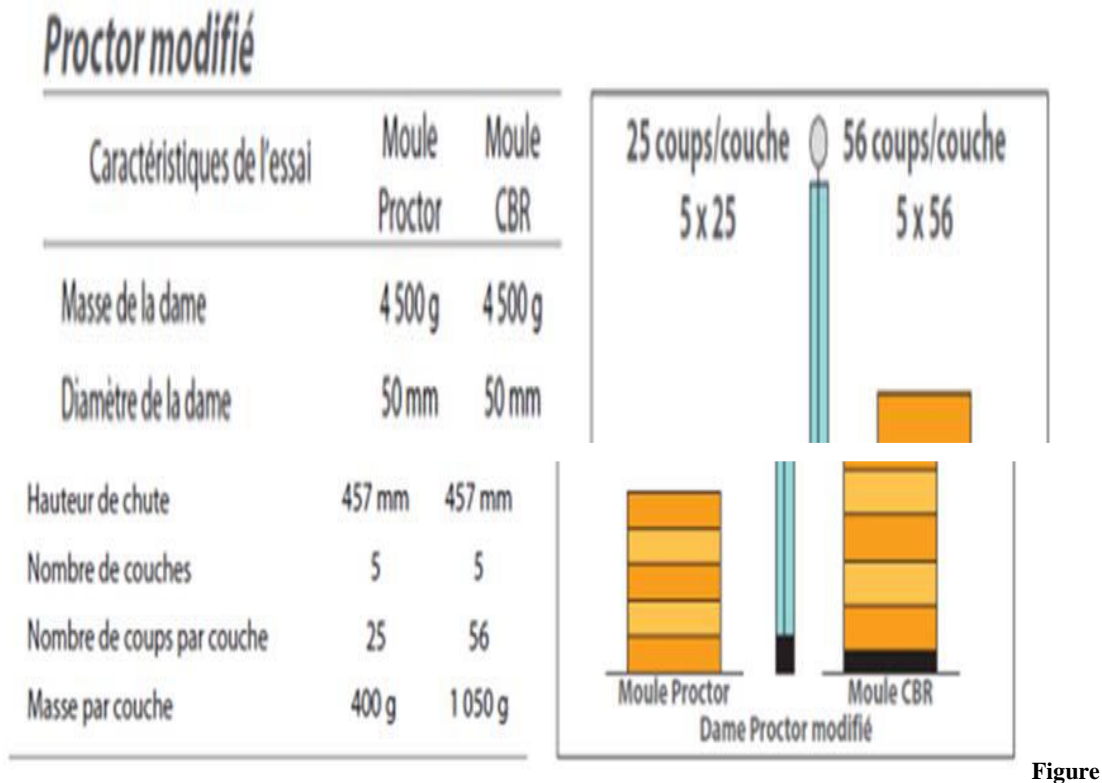
#### 11.5.2.1 Essai Proctor modifié : NF P 94-093

##### 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). (Voir figure)

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE



Figure

0-22 Modalité d'exécution des essais Proctor modifié.

### 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  $\rho_d$  varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée (dite optimale  $W_{opt}$ ).

### D. 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 (Voir figure 11-14)

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE



Figure 0-23 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 0-24 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.

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

### 11.5.2.2 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 0-25 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 5.0mm) 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.CBRi) 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.

# CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

## 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 connue 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 arasé 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/min au cours de l'essai la pression correspondante aux enfoncements /0.625 / 1.25/ 2.00 / 2.5 / 5 / 7.5 / 10mm est noté en fin de l'essai l'échantillon est prélevé et sa teneur en eau est déterminée. (Voir figure).

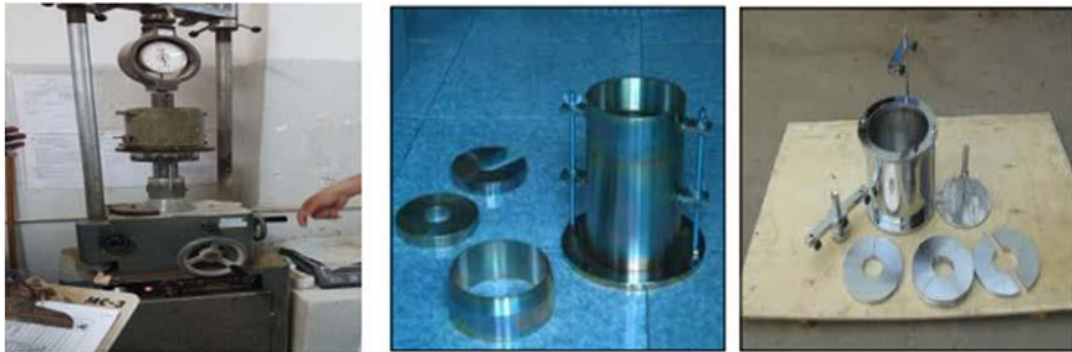


Figure 0-26 Matériels d'essai CBR.

## 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 :

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

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 :

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

### 11.5.2.3 *Essais chimiques :*

#### 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

10 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 :

$$\text{VBS (\%)} = X P_x C \times 100$$

Avec :

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

**X** : La masse de bleu introduit

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

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

### 11.5.2.4 *Essais des Enrobées :*

#### 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.

##### La méthode du nucléo densimètre :

Cette méthode consiste à placer à la surface du sol un appareil muni d'une source radioactive de rayons  $\gamma$  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.



Figure 0-27L'appareil de compacité (nucléo-densimètre).

#### 2. Essai de carottage :



## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

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.

### a) 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.

### b) 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.

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

**Le matériel accessoire doit comprendre :**

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE

- 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.

### c) MODE OPERATOIRE :

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.

## CHAPITRE 11 : LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE



Figure 0-28 Exemple d'un essai de carottage.

## CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT

### 12.1 Généralités :

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

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

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

### 12.2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

### 12.3 Assainissement de la chaussée :

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

#### *12.3.1 Fossé de pied du talus de déblai :*

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

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

## CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT

### ***12.3.2 Fossé de crête de déblai :***

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

### ***12.3.3 Fossé de pied du talus de remblai :***

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

### ***12.3.4 Drain :***

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

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

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

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

### ***12.3.5 Descentes d'eau :***

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

## **12.4 Définitions des termes hydrauliques :**

### ***12.4.1 Bassin versant :***

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux.

C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considérée (exutoire).

## CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT

### ***12.4.2 Collecteur principal (canalisation) :***

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

### ***12.4.3 Chambre de visite (cheminée) :***

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

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

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

### ***12.4.4 Sacs :***

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

### ***12.4.5 Les ouvrages des écoulements des eaux :***

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

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

#### ***12.4.5.1 Les passages submersibles***

Sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important.

## CHAPITRE 12 : ASSAINISSEMENT

Le projet est situé dans un contexte semi-aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150 mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages, et sur le long de l'axe étudié, nous avons proposé la réalisation de 03 passages busés :

- **Passage N°05** : est un passage de 03 buses situé au niveau du Pk 11+538.
- **Passage N°06** : est un passage de 05 buses situé au niveau du Pk 11+650.
- **Passage N°07** : est un passage de 03 buses situé au niveau du Pk 11+763.

### 12.4.5.2 Fossés :

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

### 12.4.5.3 Les dalots :

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

Dans le cas de notre projet on a projeté des passages busés et un passage submersible

Le projet est situé dans un contexte semi-aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150 mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages, et sur le long de l'axe étudié, nous avons proposé la réalisation de 03 passages busés :

- **Passage N°05** : est un passage de 03 buses situé au niveau du Pk 11+538.
- **Passage N°06** : est un passage de 05 buses situé au niveau du Pk 11+650.
- **Passage N°07** : est un passage de 03 buses situé au niveau du Pk 11+763.

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### 13.1 Signalisation

La signalisation routière c'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 :



## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### **13.4.1.1    *Signaux de danger :***

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

### **13.4.1.2    *Signaux comportant une prescription absolue :***

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

L'interdiction.

L'obligation.

La fin de prescription.

### **13.4.1.3    *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.

### **13.4.1.4    *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 :

#### **13.4.2.1    *Le jaune pour :***

Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement.

Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus.

Le marquage temporaire.

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### 13.4.2.2 *Le bleu :*

Éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

### 13.4.2.3 *Le rouge :*

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

### 13.4.2.4 *La signalisation horizontale se divise en trois types :*

- **Marquages longitudinaux :**
- **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.

- **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 :

Modulation de la ligne continue

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Tableau 0-16 Modulation de la ligne continue

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

### Largeur Des Lignes :

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

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

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

u = 5 cm sur toutes les autres routes.

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

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

### Marquages transversaux

Lignes transversales 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.

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### *13.4.3 Autres signalisations :*

#### *13.4.3.1 Les flèches de rabattement :*

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

#### *13.4.3.2 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 :*

- Flèche de sélection :

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

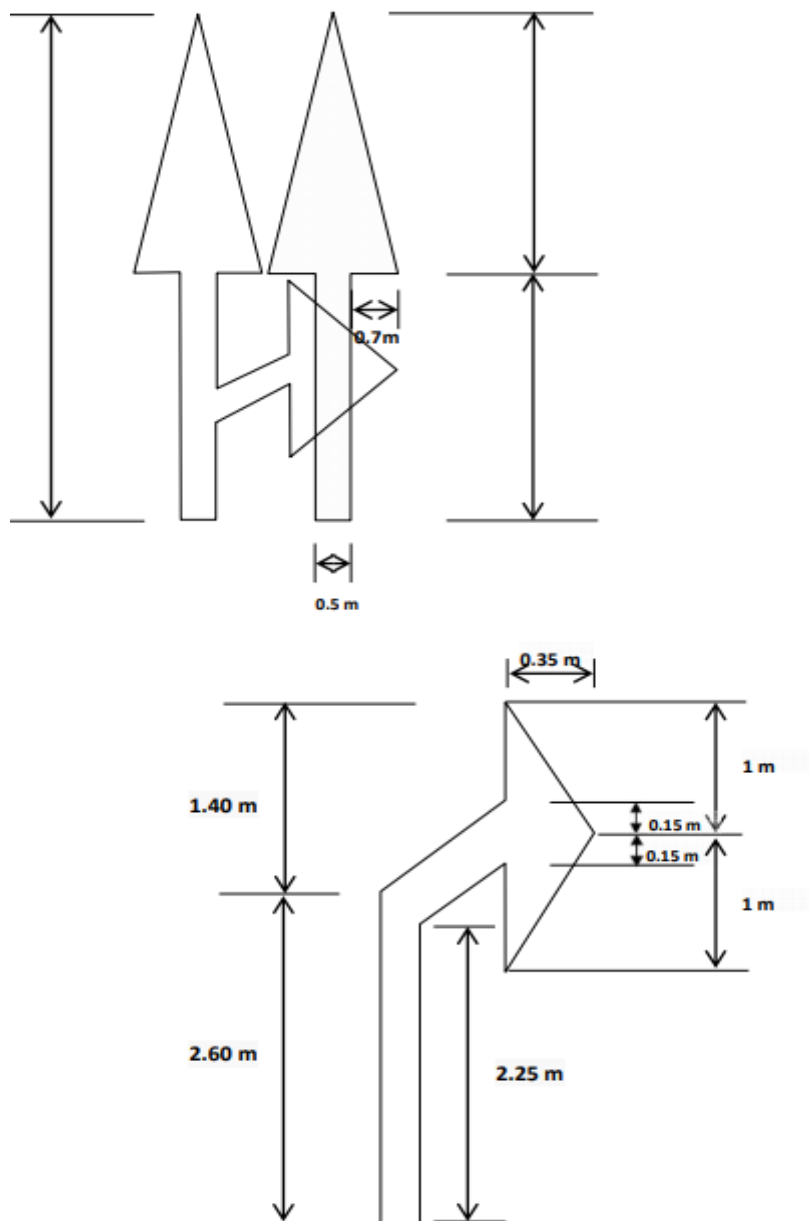


Figure 0-29 flèche de la sélection

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Marque sur la chaussée :

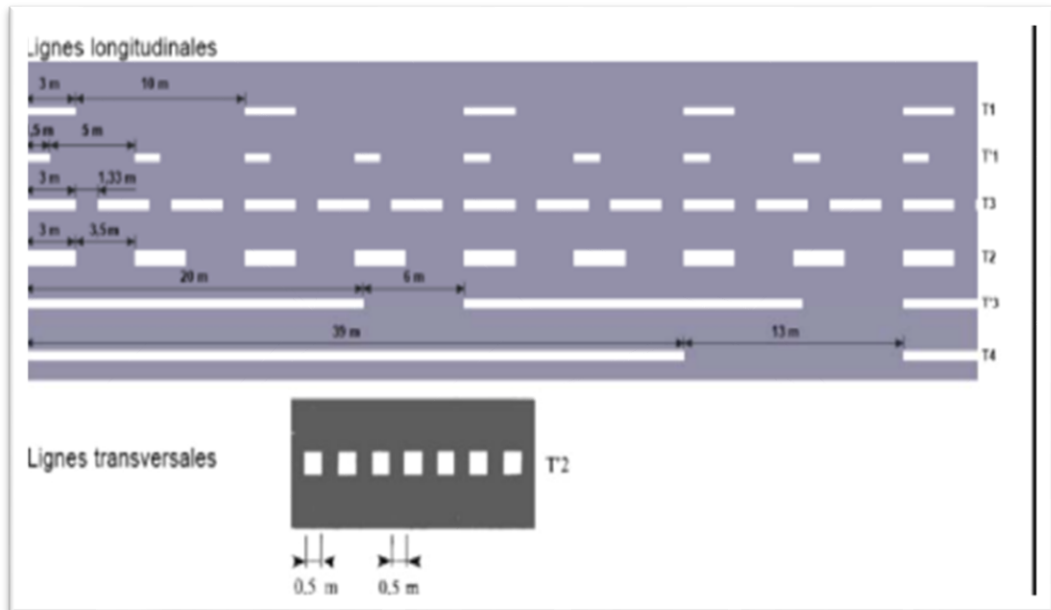


Figure 0-30 Marque sur chaussée.

- Flèche de rabattement :

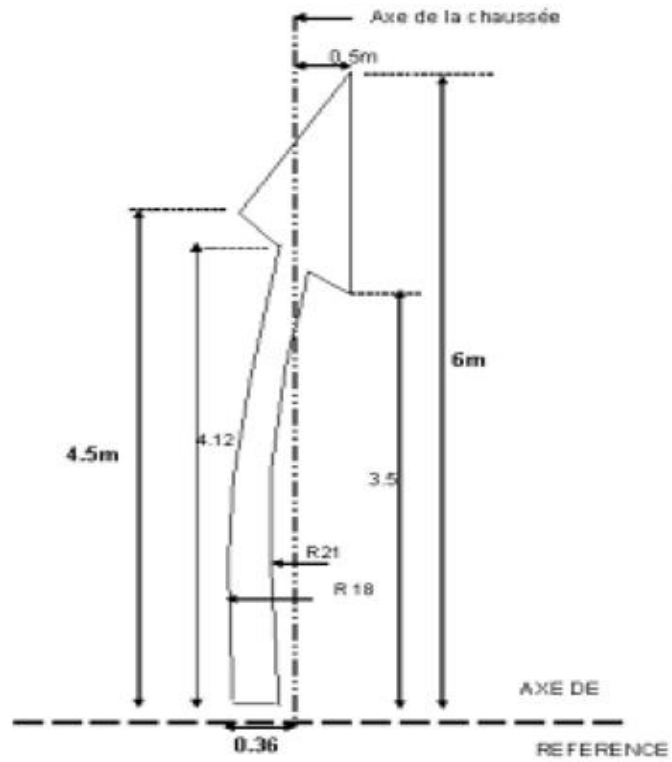


Figure 0-31 Flèche de rabattement.

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

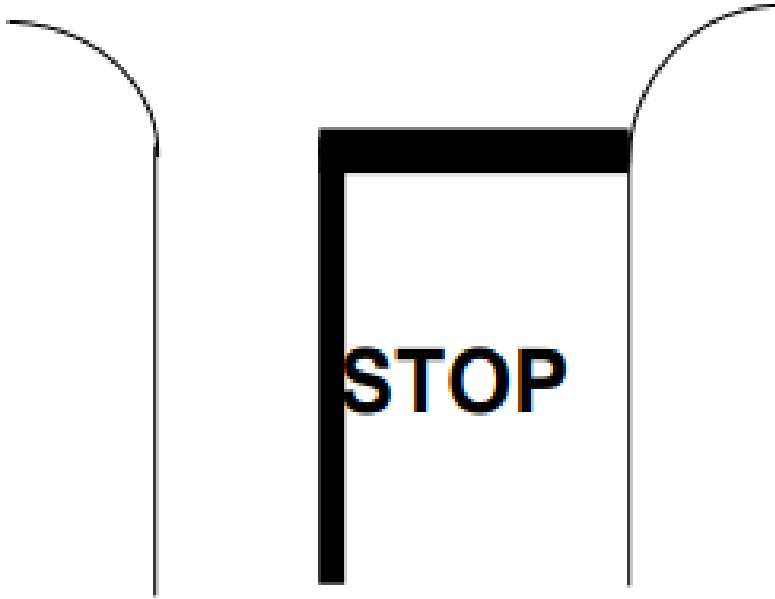


Figure 0-32 Schéma de signalisation stop sur chaussée.

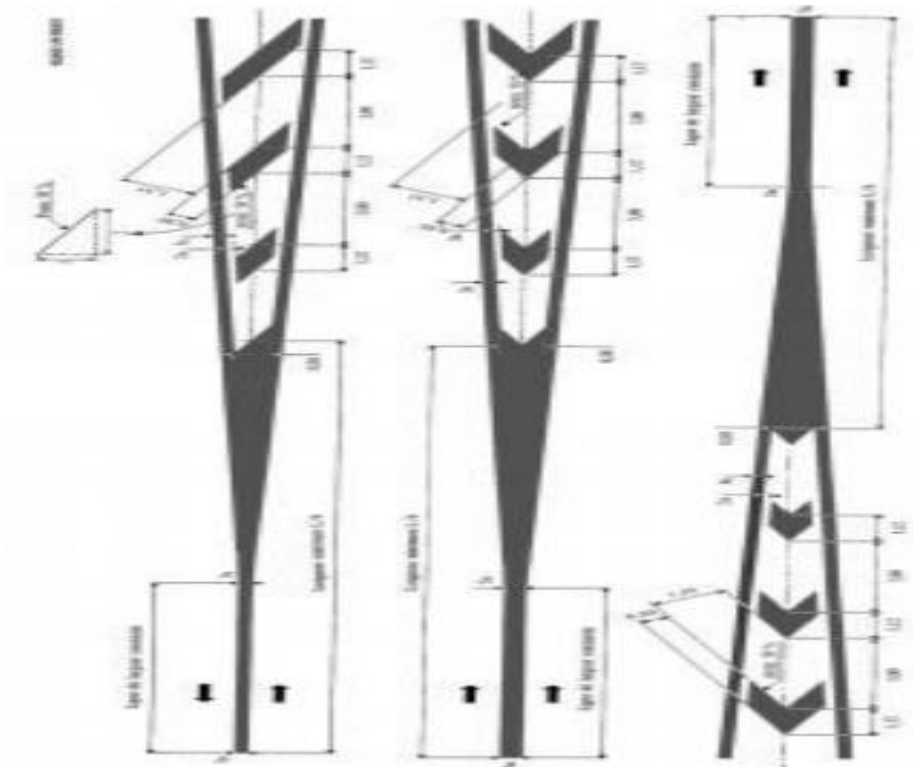


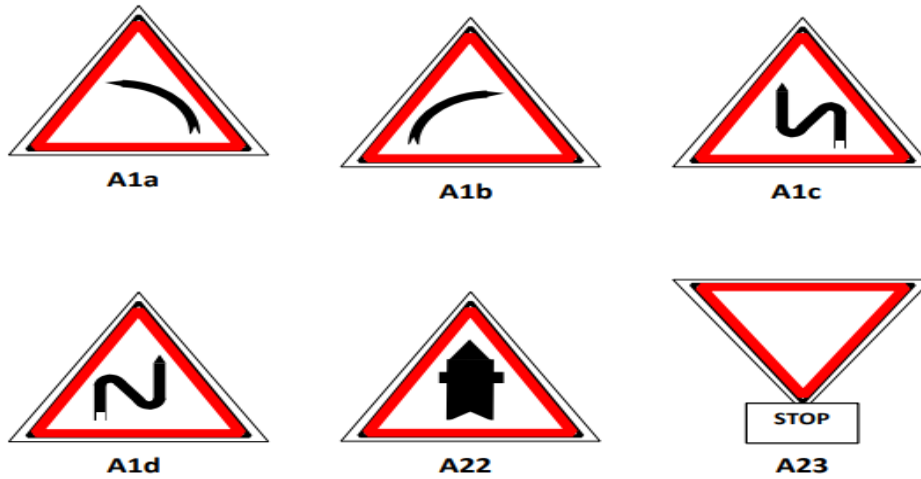
Figure 0-33 Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot).

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### 13.5.2 Les signalisations verticales :

- Plaques de signalisation

#### ➤ Les signaux de danger type A :



#### ➤ Les signaux d'intersection et de priorité type B :



Figure 0-34 Les signaux de danger type A et B



Figure 0-35 Les signaux d'identification des routes (type E).



## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### 13.5.3 L'éclairage :

Dans un trafic en augmentation constante, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. 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 Catégorie d'éclairage :

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

### 13.7 Paramètres D'implantation Des Luminaires :

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

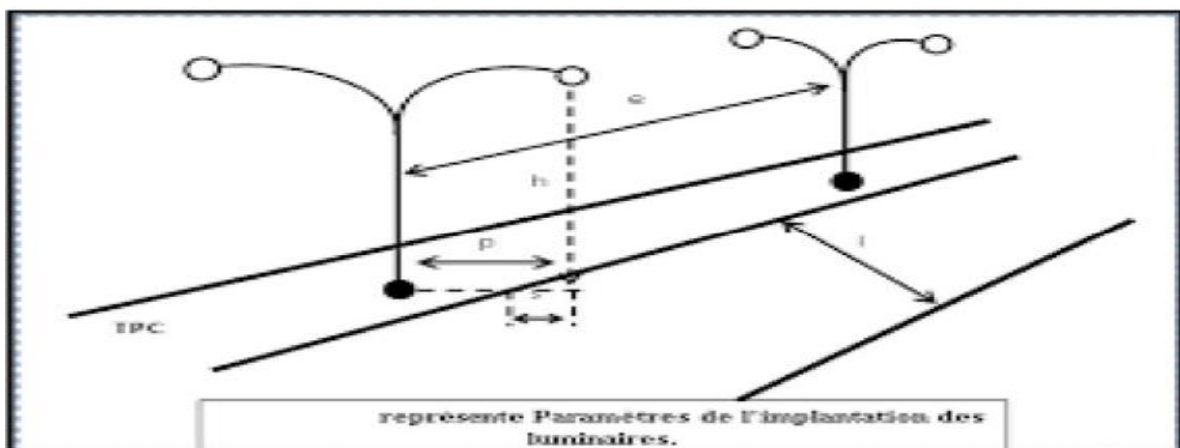


Figure 0-36 Paramètres de l'implantation des luminaires.

## CHAPITRE 13 : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

### 13.8 Eclairage :

- D'un point singulier Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situées sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivant :
- 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.

## CHAPITRE 14 : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

### 14.1 Impacts du projet sur l'environnement :

#### 14.1.1 Les impacts négatifs :

- Au niveau des impacts négatifs identifiés, on retiendra ce qui suit :
- Les problèmes de santé et de nuisances diverses liés à la pollution de l'air par les poussières et les fumées des engins de terrassement et les véhicules de liaison.
- Les déchets liquides et solides des chantiers entraînant un risque faible de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. Cette intrusion dans le milieu naturel (pollution, contamination ...) a également des conséquences négatives sur les conditions de vie des populations (maladies).
- La destruction des espèces ligneuses situées sur le talus et les accotements des routes, les déviations, les virages à caractère accidentel, qui sont corrigés, et les zones d'emprunt.

#### 14.1.2 Les impacts positifs :

Au niveau des impacts positifs, l'essentiel se résume :

La création d'emploi dans les travaux d'entretien de cette route ; au rapprochement de l'administration centrale des populations locales ; à la facilitation des évacuations sanitaires des villages vers les villes ; à la circulation qui sera améliorée ; aux activités économiques, échanges commerciaux, activités artisanales, culturelles et touristiques.

### 14.2 Mesures d'atténuation :

#### 14.2.1 Mesures d'atténuation formulées des impacts négatifs et renforcer les impacts positifs :

- On peut noter un certain nombre d'atténuations citées ci-dessous : les clauses environnementales à insérer dans le cahier des charges des entreprises telles que l'arrosage des routes concernées pendant les travaux, la remise en état ou la revalorisation des sites d'emprunt si telle est la disposition retenue, la collecte et l'élimination des déchets solides et liquides des chantiers, le balisage et la mise en place des panneaux de signalisation.
- Les mesures de lutte contre l'érosion par des ouvrages de drainage (gabion, perrés maçonnés ou secs, diguettes de moellons).

## CHAPITRE 14 : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

- Les plantations d'arbres d'alignement à la traversée des agglomérations, la mise en place des bosquets villageois pour compenser les arbres abattus sur l'emprise des routes, des zones d'emprunt et des carrières.
- Les aménagements des carrières en mares au profit de l'élevage (abreuvement du bétail) ; de cultures de contre saison et de maraichage
- Les mesures réglementaires concernant toute attaque visant à nuire à l'intégrité des forêts classées, des domaines protégés et des bois sacrés.

### *14.2.2 Les mesures de renforcement des impacts positifs qui porte sur :*

- L'embauche de la main d'œuvre locale pendant les travaux.
- Le renforcement des capacités des infrastructures communautaires par des clôtures temporaires et permanentes au niveau des écoles et des Centres de santé de promotion sociale.
- L'entretien courant de la route, pour soutenir de façon durable toute action positive ci-dessus évoquée.

## CHAPITRE 15 : DEVIS ESTIMATIF

N°	Désignation des Travaux Réalisé	U	Quantité	P.U(H.T)	Montant
1	Déblai en terrain rocheux	m3	4888,05	3500,00	17 108 186,67
2	Déblai en terrain meuble	m3	52 104,75	300,00	15 631 425,00
3	Scarification, Réglage et Compactage du fond de Forme	m2	4 373,70	100,00	437 370,40
4	Couche de Forme en matériaux choisi (25 cm)	m3	25 522,00	750,00	19 141 500,00
5	Couche de Fondation en GC 0/31.5 (20 cm)	m3	15 340,00	2 600,00	39 884 000,00
6	Imprégnation au Cut-back 0/1	T	73,66	70 000,00	5 156 200,00
7	Couche de Base en GB 0/25 (10 cm)	T	15 049,00	6 300,00	94 808 700,00
8	Couche d'accrochage en émulsion cationique a 65%	T	34,33	70 000,00	2 403 100,00
9	Revêtement en enrobé à chaud BB 0/14 (7cm)	T	11 013,00	7 500,00	82 597 500,00
10	Rechargement des Accotements	m3	5 218,28	700,00	3 652 793,67
11	Mur en Béton cyclopien	m3	432,99	10 000,00	4 329 900,00
12	Protection en Gabion	m3	120,00	4 500,00	540 000,00
13	Fourniture et mise en place des Buses Ø=1000 mm	ml	211,67	45 000,00	9 525 000,00
14	Fossé Bétonné	ml	333,33	2 000,00	2 000 000,00
15	Bordure de Trottoir	ml	4 583,33	1 300,00	66 300 000,00
16	Fourniture, Plantation, Irrigation des plantes type Laurier multi couleur y compris toutes sujétions.	U	1 333,33	100,00	400 000,00
17	Fourniture, Plantation, Irrigation des plantes type Tamarix y compris toutes sujétions.	U	1 600,00	450,00	2 160 000,00
18	Fourniture, Plantation, Irrigation des plantes type Olivier y compris toutes sujétions.	U	1 600,00	450,00	720 000,00
19	Fourniture, Plantation, Irrigation des plantes type Ornement y compris toutes sujétions.	U	333,33	100,00	33 333,33
20	Entretien et Irrigation pendant 2ans	F	0,33	3 000 000,00	1 000 000,00
21	System d'irrigation D63 mm y compris accessoires.	ml	12 000,00	500,00	6 000 000,00
22	F/P de Pavé	m2	3 654,84	1 200,00	4 385 812,00
23	F/P Fourreaux Ø=110 mm	ml	316,67	400,00	126 666,67
24	F/P Fourreaux Ø=200 mm	ml	52,00	1 000,00	52 000,00
25	F/P Fourreaux Ø=400 mm	ml	16,00	3 000,00	48 000,00
26	F/P Signalisation horizontale	ml	13 000,00	65,00	845 000,00
<b>Total en HT</b>					<b>379 286 487,73</b>
<b>TVA 19%</b>					<b>72 064 432,67</b>
<b>Total en T.T.C</b>					<b>451 350 920,40</b>

**Arrêter le présent devis quantitatif estimatif a la somme de : Quatre Cent Cinquante Un Million Trois Cent Cinquante Mille Neuf Cent Vingt Dinars et Quarante Centimes en toutes taxes comprise (451 350 920,40 DA EN TTC)**

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études nous a été une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université. Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques rencontrés lors de cette étude sachant qu'un projet routier dans les zones sahariennes comme la wilaya Tamanrasset a ses propres spécificités. Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine des routes en particulier et des travaux publics en général. Et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet routier.

A propos de notre étude, nous avons essayé de respecter toutes les normes routières imposées par la B40 qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et à prendre en considération à savoir :

Le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises durant les années de notre formation, de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTO CAD et COVADIS, mais aussi de mieux appréhender notre avenir dans le monde professionnel.

Ce projet nous a sensibilisé sur l'énorme potentiel qu'offre notre immense pays en matière de surface a peuplé et l'obligation de renforcé nos frontières avec les pays avoisinant afin de sécuriser nos frontières vue la conjoncture actuelle que traverse notre pays avec les pays voisins.