

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM

FACULTE DE TECHNOLOGIE



Département de Génie Civil

Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil
Option Infrastructure de Base et Géotechnique/TP

Thème

***Raccordement routier sur 2KM auprès des deux ouvrages
d'art sur oued KHEBAZA au PK 255 de la RN06. Wilaya de
Naama***

Présenté par:

TALBI Hassen

BENAMARA Manal

Soutenu en Juin 2017-06-02 devant le jury composé de :

**M. BEZZAR
Mm. AYAD
Mm. KARA D
M. HAMZAOU
M. GHENNANI**

**Président
Examinatrice
Examinatrice
Encadreur
Encadreur**

Année universitaire : 2016-2017

Remerciement

Au début nous remercions notre dieu le plus puissant à bien voulu de nous donner la force et le courage et ainsi la patience pour élaborer ce travail.

En second lieu, nous adressons nos vifs et chaleureux remerciements

A nos encadreurs **M_r: GHENNANI B** et **M_r: HAMZAOUI F** pour leurs soutiens et leurs aides.

Nous tenons également à remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nous remercions tous nos enseignants durant toute notre formation.

En fin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Tous d'abord, je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage et la volonté pour arriver à ce stade de fin d'étude.

Je dédie ce travail à :

- ✚ Mes très chers grands parents et mes parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère **Karima** et ma grande mère **Hadhoum** qui ont été à mes côtés et m'ont soutenu durant toute ma vie, et mon père **Djamel** qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir ce que je suis ;
- ✚ Mes chers frères : **Youcef, Abderrazek, Anes, Mourad, Abdelkarim, Ahmed** et **Mohamed** ;
- ✚ Mes chères sœurs : **Meriam, Chaymae, Kawter, Manel** et **Anfal**.
- ✚ Toute la famille **TALBI** et **AMIMER**
- ✚ A mon binôme **MANEL** pour sa sérosité.
- ✚ A tous mes amis : **Sadika, Anfal, Wafae, Wissem, Lamia Hichem, Ilyes, Sami, Madjid, Anour, Amine**
- ✚ A mes collègues de la classe **M2-IBG-TP** ;
- ✚ A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

HASSEN

Dédicace

Au nom d'Allah, le miséricordieux, le très miséricordieux
Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage pour
arriver à ce stade de fin ce projet.

Je dédie ce travail à :

- ✚ Mes très chers parents que dieu le tout puissant les protègent et les gardent, ils m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin ;
- ✚ Mes chers frères **Mohamed** et **Abdelhak**
- ✚ Mes chères sœurs : **Souad, Fatima Zohra, Aicha, Hanane** et **Nassima**.
- ✚ A ma chère tante **Hbib** ;
- ✚ Les beaux enfants : **Alae, Rawane, Anes, Mohamed, Moatasse** Bi Allah, **Nourhane** ;
- ✚ A mes cousins et cousines ;
- ✚ A toute la famille **BENAMARA** et **MEFTEH** ;
- ✚ A mon binôme **TALBI HASSEN** pour son calme et son travail remarquable qu'il a fournit durant ce projet
- ✚ A tous mes amis : **Djamila, Wissem, Lamia, Anfal, Sadika, Sara, Asmaa,.....**
- ✚ A tous mes collègues de la promo **M2-IBG-TP** ;
- ✚ Tous ce qui m'aime et que j'aime.

MANEL

Résumé :

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.

La route est considérée un élément efficace reliant les différentes régions du pays et contribuer à son développement à travers différentes activités économiques et les échanges commerciaux.

Ce-projet présente une étude détaillée d'un raccordement routier sur 2 Km auprès deux ouvrages d'art sur oued KHABAZA au PK 255 de la RN6, wilaya Naama.

Ce travail consiste à faire une étude technique et étude managériale, la première partie se compose de trois chapitres : étude de trafic, la géométrie de la route et le dimensionnement du r corps de chaussée.et la deuxième partie on s'intéresse à la partie managériale, la gestion des risques dans un projet routier, le cycle de vie, les acteurs intervenants, la structure WBS et on termine par une étude pratique de notre cas et on utilise logiciel MS-PROJECT pour présenter le planning des travaux.

Mot clés :

La route, management, risque, trafic.

Abstract:

Our project of end of study returns in the field of the infrastructures of transport, and in particular the roads.

The road is considered an effective element linking the various regions of the country and to contribute its development through various economic activities and commercial exchanges.

This project presents a detailed study of a road connection over 2 Km to two structures of wadi KHABAZA at PK 255 of the RN6, wilaya Naama.

This work consists in performing a technical and managerial study: the first part is composed of three chapters: study of traffic, geometry of the road and design of the pavement structure. In second part we focus on the managerial side; risk management in road projects, the life cycle, the different actors, WBS structure and we conclude with a practical study of our case and we use MS-PROJECT software to present the work schedule.

Keywords:

Road, management, Risk, traffic.

المخلص :

تندرج هذه الدراسة في اطار البنى التحتية للنقل وبالخصوص مجال النقل. فالطريق يعتبر عنصرا فعالا للربط بين مختلف مناطق الوطن و المساهمة في تنميتها عبر مختلف الانشطة الاقتصادية و التبادلات التجارية .

هذا المشروع يعرض دراسة مفصلة على الطريق الذي يربط 2 من الهياكل المجاورة على 2 كم بواد خبازه , ولاية النعامة.

يحتوي هذا العمل على دراسة تقنية و ادارية,الجزء الاول يشمل ثلاثة محاور: دراسة حركة المرور , التصميم الهندسي للطريق و تصميم ابعاد الطريق. و الجزء الثاني ركزنا على الجانب الاداري , ادارة المخاطر في مشاريع الطرقات , دورة الحياة , الجهات المتداخلة , الهيكل **WBS** , وأخيرا تطرقنا الى الحالة التطبيقية لمشروعنا مع تقديم جدول العمل باستخدام برنامج **MS- PROJECT**

الكلمات المفتاحية

الطريق , ادارة , مخاطر , حركة المرور

LISTE DES TABLEAUX

----« CHAPITRE 1 »----

- **Tableau 1.1** : Classification du relief en fonction de la dénivelée5
- **Tableau 1.2** : Classification de la sinuosité moyenne.....6
- **Tableau 1.3** : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité.....6
- **Tableau 1.4** : Les avantages et les inconvénients pour chaque méthode.....9
- **Tableau 1.5** : Coefficient d'équivalence.....10
- **Tableau 1.6** : coefficient lié à l'environnement.....11
- **Tableau 1.7** : coefficient de réduction de capacité.....11
- **Tableau 1.8** : les capacités théoriques.....11
- **Tableau 1.9**: vitesse de référence en fonction de la catégorie et12

----« CHAPITRE 2 »----

- **Tableau 2.1** : Devers minimal et maximal suivant.....21
- **Tableau 2.2** : Coefficient de frottement transversal.....22
- **Tableau 2.3** : Rayons du tracé en plan.....23
- **Tableau 2.4** : valeur de déclivité maximale.....35
- **Tableau 2.5** : Valeurs des rayons verticaux pour un angle (saillant/reentrant)....36

----« CHAPITRE 3 »----

- **Tableau 3.1** : les valeurs des coefficients d'équivalence.....51
- **Tableau 3.2** : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR.....52
- **Tableau 3.3** : la classe du trafic poids lourd53
- **Tableau 3.4** : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR.....53
- **Tableau 3.5** : Résultat de dimensionnement par la méthode CBR.....56

----« CHAPITRE 5 »----

- **Tableau 5.1** : Criticité et acceptabilité des risques75
- **Tableau 5.2** : les principaux intervenants de notre projet et leurs responsabilité77
- **Tableau 5.3** : classification des risques dans notre projet79
- **Tableau 5.4** : hiérarchisation des risques principaux selon leur criticité.....80

LISTE DES FIGURES

----« CHAPITRE 1 »----

- **Figure 1.1** : Situation géométrique de la wilaya de Naâma.....3
- **Figure 1.2** : Situation de la route.....4
- **Figure 1.3** : La dénivelée cumulée moyenne h/L.....5
- **Figure 1.4** : Diagramme de la mesure des trafics.....8

----« CHAPITRE 2 »----

- **Figure 2.1** : Les éléments du tracé en plan.....19
- **Figure 2.2** : exemple de calcul d'un tracé en plan.....24
- **Figure 2.3** : éléments géométriques du profil en long.....34
- **Figure 2.4** : Profil en travers remblai.....42
- **Figure 2.5** : Profil en travers mixte.....42
- **Figure 2.6** : Profil en travers déblai.....43

----« CHAPITRE 3 »----

- **Figure 3.2** : Structure type d'une chaussée souple.....47
- **Figure 3.3** : Structure type d'une chaussée semi-rigide.....47
- **Figure 3.3** : Structure type d'une chaussée rigide.....48
- **Figure 3.4** : schéma de la démarche du catalogue.....54
- **Figure 3.5** : Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.....57

----« CHAPITRE 4 »----

- **Figure 4.1** : disposition de réseau routier algérien selon MTP.....60
- **Figure 4.2** : le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025.....61
- **Figure 4.3** : Cycle de vie d'un projet routier.....62
- **Figure 4.4** : les acteurs du projet routier.....64
- **Figure 4.5** : Exemple d'un WBS.....66

LISTE DES FIGURES

----« CHAPITRE 5 »----

- **Figure 5.1** : Classification des risques71
- **Figure 5.2** Classifications des risques dans un projet routier.....73
- **Figure 5.3** : Processus de gestion des risques.....73
- **Figure 5.4** : Cycle de vie de notre projet.....76
- **Figure 5.5** : Les acteurs de notre projet.....77
- **Figure 5.6** : système traditionnel.....78
- **Figure 5.7** : La matrice des risques étudiés.....80

TABLE DE MATIERE

Résumé :	IV
Abstract :	IV
ملخص :	V
Table de matière :	VI
Liste des figures :	XII
Liste des tableaux :	XIV.
INTRODUCTION GENERALE :	XV
Partie technique :	1
<u>CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC.....</u>	2
1. PRESENTATION DU PROJET :	3
1.1 Généralité.....	3
1.1.1 La composition administrative de la wilaya.....	3
1.1.2 Réseau routier.....	3
1.2 Cadre de l'étude.....	3
1.3 Objectifs principaux de l'étude.....	4
1.4 Environnement de la route.....	4
1.4.1 La dénivelée cumulée moyenne h/L.....	4
1.4.2 La sinuosité moyenne Ls /L.....	5
1.5 Application au projet.....	6
1.5.1 Catégorie.....	6
1.5.2 La dénivelée cumulée moyenne.....	6
1.5.3 La sinuosité.....	7
1.5.4 Le type d'environnement.....	7
2. Étude de trafic.....	7
2.1 INTRODUCTION.....	7
2.2 Différent type de trafic.....	7
2.3 Analyse de trafic existant.....	8
2.4 Calcul de la capacité.....	9
2.4.1 Définition de la capacité.....	9

TABLE DE MATIERE

2.4.2	Projection futur de trafic.....	9
2.4.3	Calcul du trafic effectif.....	10
2.4.4	Débit de pointe horaire normal.....	10
2.4.5	Débit horaire admissible.....	10
2.4.6	Détermination du Nombre Des Voies.....	12
2.5	Application au projet.....	12
2.5.1	Les données de trafic.....	12
2.5.2	Projection future de trafic.....	12
2.5.3	Calcul de trafic effectif.....	13
2.5.4	Débit de pointe horaire normale.....	14
2.5.5	Débit admissible.....	14
2.6	Nombre de voies du profil en travers.....	15
2.7	Calcul de l'année de saturation de 1voies.....	15
3	Conclusion.....	16

CHAPITRE 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE.....17

1.	INTRODUCTION.....	18
2.	TRACE EN PLAN.....	18
2.1.	Définition.....	18
2.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan.....	18
2.3.	Les éléments du tracé en plan.....	18
2.3.1.	Les alignements.....	19
2.3.2.	Arcs de cercle.....	20
2.3.3.	Courbe de raccordement progressif.....	24
2.4.	Calcul de raccordement progressif.....	25
2.4.1.	Calcul les éléments de la courbe circulaire.....	25
2.4.2.	Choisir la longueur des raccordements progressifs.....	25
2.4.3.	Vérification de la condition de l'aménagement.....	26
2.4.4.	Détermination le paramètre A de la clothoïde.....	26
2.4.5.	Détermination les coordonnées du point final.....	27
2.4.6.	Détermination de déplacements t et ΔR	27
2.4.7.	Déterminer le déplacement de la courbe par rapport au sommet....	27
2.4.8.	Le nouveau développement.....	27

TABLE DE MATIERE

2.4.9. Déterminer les distances cumulées.....	27
2.5. Exemple de calcul d'un tracé en plan.....	28
3. PROFIL EN LONG.....	33
3.1. Définition.....	33
3.2. Règles à respecter dans le profil en long.....	33
3.3. Les éléments géométriques du profil en long.....	34
3.3.1. Les alignements.....	34
3.3.2. Déclivité.....	34
3.4. Raccordement verticaux.....	35
3.4.1. Raccordement convexe (saillants).....	35
3.4.2. Raccordement concave (rentrants).....	35
3.5. Exemple de calcul de profil en long.....	36
3.5.1. Raccordements convexes (angle saillant).....	37
3.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant).....	39
4. Profil en travers.....	40
4.1. Définition.....	40
4.2. Les types du profil en travers.....	40
4.2.1. Profil en travers courant.....	40
4.2.2. Profil en travers type.....	41
4.3. Principaux éléments de la route.....	41
4.4. Application au projet.....	41
5. Conclusion.....	43
<u>CHAPITRE : 3 DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSEES..44</u>	
1. Introduction.....	45
2. La chaussée.....	45
2.1. Définition.....	45
3. Les structures de chaussées.....	45
3.1. Couche de surface.....	45
3.2. Couche d'assise.....	46
4. Différents types de chaussées.....	46
4.1. Les chaussées souples.....	46

TABLE DE MATIERE

4.2. Les chaussées semi-rigides.....	47
4.3. Les chaussées rigides.....	48
5. Facteurs pour les études de dimensionnement.....	48
5.1. Trafic.....	48
5.2. Environnement.....	49
5.3. Le sol support.....	49
5.4. Les matériaux.....	49
6. Les principales méthodes de dimensionnement.....	49
6.1. La méthode CBR.....	50
6.2. La méthode de catalogue des structure «SETRA ».....	52
6.2.1. Détermination de la classe du trafic.....	52
6.2.2. Détermination de la classe du sol.....	53
6.3. Méthode du catalogue des chaussées neuves «CTTP».....	54
7. Application du projet.....	55
8. CONCLUSION.....	57
Partie managériale :.....	58
<u>CHAPITRE 4 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER.....</u>	<u>59</u>
1. Introduction.....	60
2. Réseau routier en Algérie.....	60
2.1. Le schéma directeur routier et autoroutier.....	60
3. Cycle de vie de projet routier.....	62
3.1. Phase (1) : Étude préalable.....	62
3.2. Phase (2) : Conception.....	63
3.3. Phase (3) : Réalisation.....	63
3.4. Phase (4) : Clôture.....	63
4. Les acteurs du projet routier.....	64
5. La WBS d'un projet routier.....	65
5.1. Définition.....	65
5.2. Les éléments de WBS.....	66
5.3. Les avantages de WBS.....	66

TABLE DE MATIERE

6. Conclusion.....	67
---------------------------	-----------

CHAPITRE 5 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET

<u>ROUTIER.....</u>	68
----------------------------	-----------

1. Introduction.....	69
2. Généralité sur le risque.....	69
2.1. Définition du risque.....	69
2.2. Définition de risque du projet.....	70
3. Classification du risque.....	70
4. Classification des risques dans un projet routier.....	72
4.1. Les risques géotechniques.....	72
4.2. Les risques naturels.....	72
4.3. Les risques anthropogéniques.....	72
5. La gestion des risques.....	73
5.1. Qu'est-ce que la gestion des risques.....	73
5.1.1. Identification des risques.....	74
5.1.2. Analyse des risques.....	74
5.1.3. Évaluation des risques.....	74
5.1.4. Le traitement.....	75
6. Étude de notre cas.....	75
6.1. Présentation du projet.....	75
6.2. Cycle de vie de notre projet.....	76
6.3. Les principaux acteurs du projet.....	76
6.4. Type de contrat du projet.....	77
6.5. Le management de cout et délai du projet.....	78
6.5.1. Calcul du délai de projet.....	78
6.5.2. Calcule du cout de projet.....	78
6.6. Classification des risques.....	79
6.6.1. Matrice des risques.....	80
6.6.2. Traitement des risques.....	81
7. Conclusion.....	81

TABLE DE MATIERE

CONCLUSION GENERALE :	82
BIBLIOGRAPHIE :	83
ANNEXE :	87
ANNEXE A :	88
ANNEXE B :	89
ANNEXE C :	90

INTRODUCTION GENERALE

Comme tous les pays, l'Algérie cherche toujours à atteindre son souhait de développement dans tous les domaines et surtout concernant les bâtiments et les infrastructures de base en général et les routes en particulière.

Le réseau routier occupe une place très important dans le secteur de transport, parce que ce dernier représente un des piliers fondamentaux du développement économique de tout pays.

Une étude d'un projet routier sert à atteindre certains buts où le plus important c'est la sécurité, l'économie qui sert à diminuer les coûts du projet, ainsi autre buts tel que le confort et l'esthétique.

Chaque projet routier comporte différents acteurs, nombreuses phases du projet, différent environnement, ce sont les différentes sources qui peuvent créer des risques au déroulement de projet, et donc la mise en place d'un moyen pour la gestion des risques.

Notre travail consiste à traiter un cas pratique d'un projet routier, c'est un raccordement sur une longueur de 2 Km auprès des deux ouvrages d'art sur oued KHEBAZA au PK 255 de la RN 06. Wilaya Naâma.

La problématique posée dans notre étude est :

- ✓ Comment réaliser un projet routier de bonne caractérisation géométrique en prenant en considération le cout et le délai ?
- ✓ Quelles sont les risques adoptés à notre projet ? et comment les traiter ?

Le présent mémoire comprend une introduction générale, deux parties dont la première technique, et la deuxième managérial et on termine par une conclusion générale.

Pour la partie technique : nous avons trois chapitres, la première concerne la présentation et étude de trafic ; la deuxième concerne la géométrie de la route c'est-à-dire (tracé en plan, profil en long et profil en travers) et nous avons terminé par le chapitre de dimensionnement du corps de chaussée.

Pour la partie managériale : le premier chapitre : management d'un projet routier, on a donné une vue générale sur les différent notions liés au management des projets comme le cycle de vie, les acteurs intervenant au projet routier, la structure WBS. Le deuxième chapitre : management des risques dans un projet routier, on a donné des différentes définitions sur les risques, une démarche pour la gestion des risques et on a finit par une application sur notre cas.

Nous avons utilisé deux logiciels pour faire ce travail : AUTOCAD et MS PROJCT.



Partie technique

Chapitre 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

1. PRESENTATION DU PROJET :

1.1 Généralité :

1.1.1 La composition administrative de la wilaya :

La wilaya de Naâma est une wilaya algérienne située à l'ouest de l'Algérie, à la frontière avec le Maroc. Le chef lieu de la wilaya de Naâma, est situé à environ 240 km au sud-est de Tlemcen. Le territoire de la commune couvre une superficie de 2482,5 km².

La wilaya est limitée par (figure 1.1) :

- Les wilayas de Tlemcen, Sidi-Bel-Abbès et Saïda au Nord
- Wilaya d'El-Bayad à l'Est
- Wilaya de Béchar au Sud
- Le Maroc à l'Ouest

La wilaya de Naâma regroupe actuellement 7 Daïras et 12 communes. [1]



Figure 1.1 : Situation géométrique de la wilaya de Naâma [1]

1.1.2 Réseau routier :

La wilaya de Naama gère 1242 Km de routes se répartissant comme suit : [1]

- 460 Km des routes nationales ;
- 240 Km de chemins de wilaya ;
- 542 Km de routes communales.

1.2 Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire l'étude d'un raccordement routier sur une longueur de 2 km auprès des deux ouvrages d'art sur oued KHEBAZA au PK 255 de la RN 06. Wilaya Naâma. (Figure 1.2)



Figure 1.2 : Situation de la route [2]

1.3 Objectifs principaux de l'étude :

Le but du projet consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par le dédoublement (2x2voies).

Pour atteindre l'objectif visé, il faut :

- Réduire le temps ;
- Améliorer les conditions de circulations ;
- Améliorer le niveau de service ;
- Améliorer le système de drainage ;
- Améliorer la sécurité.

1.4 Environnement de la route :

On définit l'environnement comme l'état actuel du relief, il est réparti en trois classes (E1, E2 et E3) qui sont caractérisées par deux indicateurs : [3]

- La dénivelée cumulée moyenne h/L ;
- La sinuosité moyenne Ls/L.

1.4.1 La dénivelée cumulée moyenne h/L :

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, et la dénivelée cumulée totale. (Figure 1.3)

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

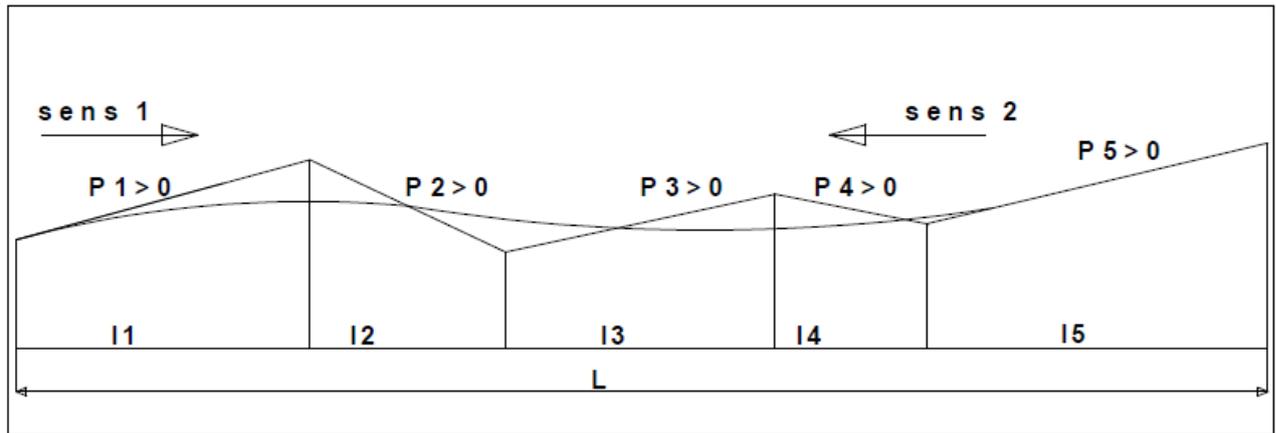


Figure 1.3 : La dénivelée cumulée moyenne h/L .

h_1 = dénivelée cumulée sens 1 : $h_1 = \sum P_i \cdot l_i$
 $P_i > 0$

Avec $h = h_1 + h_2$

h_2 = dénivelée cumulée sens 2 : $h_2 = -\sum p_i \cdot l_i$
 $P_i < 0$

Le rapport de la dénivelée cumulée totale h à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

Tableau 1.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée [4].

Classification	La dénivelée moyenne cumulée h/L	N° de l'axe de la route
Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$	2
Terrain vallonné	$1,5\% < h/L \leq 4\%$	1

1.4.2 La sinuosité moyenne L_s / L :

La sinuosité est le rapport entre la longueur sinueuse L_s et la longueur totale de l'itinéraire. La longueur sinueuse L_s est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m. [4]

$$L_s = \sum L_{R \leq 200}$$

$$\sigma = L_s / L$$

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

Avec : Ls : la longueur sinueuse.

L : longueurs totales de l'itinéraire.

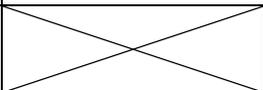
LR : longueur de rayon.

Tableau 1.2 : classification de la sinuosité moyenne [4]

Classification	Sinuosité moyenne	N° de l'axe
Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.1$	1 et 2

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement (voir le tableau 1.3)

Tableau 1.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité [4].

sinuosité relief	Faible	Moyenne	Fort	N° de l'axe
Plat	E1	E2		2
Vallonné	E2	E2	E3	1

1.5 Application au projet :

1.5.1 Catégorie :

Notre projet est classé en catégorie **2** selon la norme B40

1.5.2 La dénivelée cumulée moyenne :

Le tracé que nous avons donné :

➤ Pour l'axe 1 :

$\Sigma h/L = 75,58/2000 = 0,0374 = 3,74\% \rightarrow 1,5\% \leq 3,74\% \leq 4\% \rightarrow$ terrain vallonné \rightarrow selon B40

➤ Pour l'axe 2 :

$\Sigma h/L = 22,6/2000 = 0,0119 = 1,11\% \rightarrow 1,11\% < 1,5\% \rightarrow$ terrain plat \rightarrow selon B40

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

1.5.3 La sinuosité :

Tous les alignements sont raccordés par des courbes des rayons supérieurs à 200m

Pour les deux axes → **sinuosité faible.**

1.5.4 Le type d'environnement :

➤ Pour l'axe 1 :

On a trouvé que le terrain est vallonné et la sinuosité faible, ce qui donne le type d'environnement **E2** d'après le tableau (1.3)

➤ Pour l'axe 2 :

On a trouvé que le terrain est plat et la sinuosité faible, ce qui donne le type d'environnement **E1** d'après le tableau (1.3)

2. Etude de trafic :

2.1 Introduction :

L'étude de trafic permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Pour l'étude d'un projet routier il est nécessaire de déterminer la classe du trafic en se basant sur des recensements qui sont déterminés à partir de comptage (manuel, automatique,...)

2.2 Différent type de trafic :

Il existe quatre types :

➤ **Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet. **[5]**

➤ **Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination. **[5]**

➤ **Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte de nouveaux déplacements des personnes, en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier. **[5]**

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

➤ Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié. [5]

2.3 Analyse de trafic existant :

L'étude du trafic consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir aux deux méthodes qui sont :

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

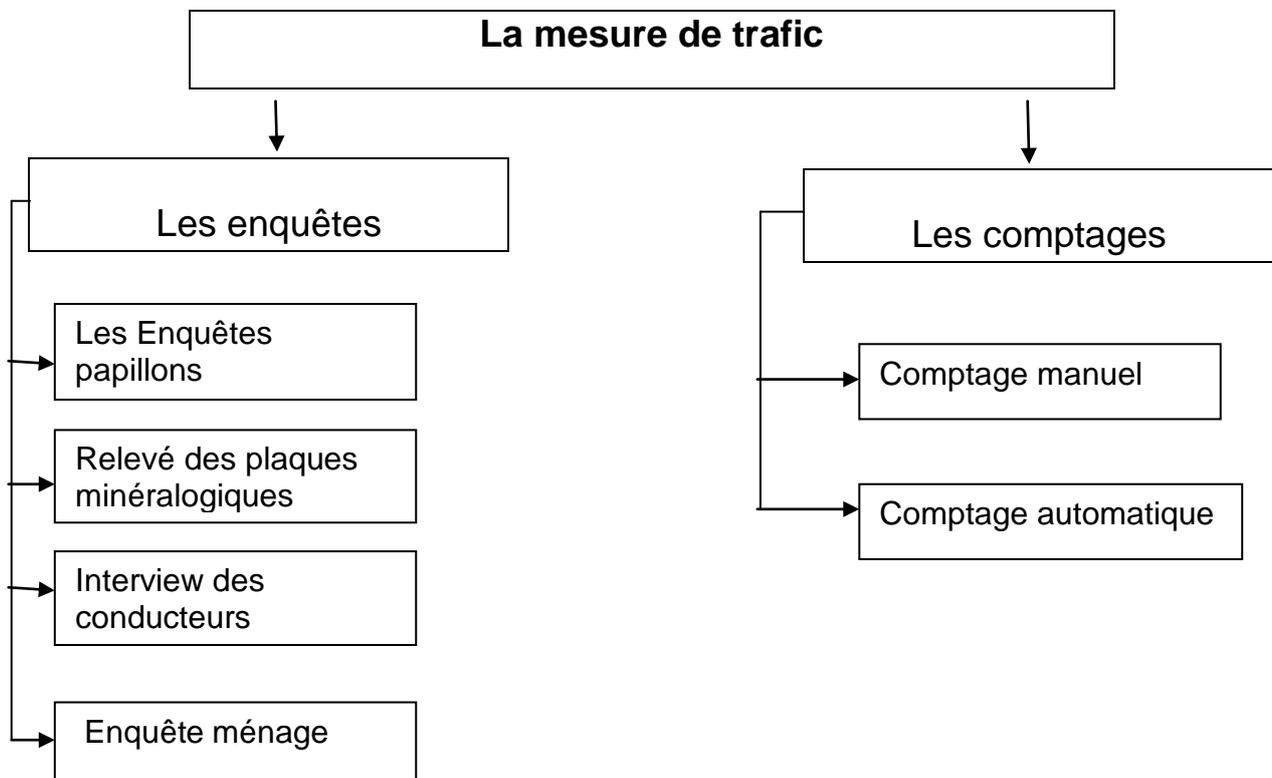


Figure 1.4 : Diagramme de la mesure des trafics.

Chaque méthode a des avantages comme elle a des inconvénients (voir tableau 1.4)

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

Tableau 1.4 : Les avantages et les inconvénients pour chaque méthode de mesure de trafic. [6]

	La méthode des comptages	La méthode des enquêtes
Les avantages	- Quantification exacte du trafic	- La rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit
Les inconvénients	- Tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds	- L'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

2.4 Calcul de la capacité :

2.4.1 Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent passer en un point ou s'écouler sur une section de route avec les caractéristiques géométriques [4]

La capacité dépend :

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

2.4.2 Projection futur de trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon [4]

$$TMJA_n = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

TJMA_n : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

n: nombre d'année.

t: taux d'accroissement du trafic (%).

2.4.3 Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (**uvp**), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**). [6]

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (**uvp**).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau 1.5 : Coefficient d'équivalence [4]

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

2.4.4 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule [7] :

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

Q : débit de pointe horaire

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale à 0,12 (en général)

T_{eff} : trafic effectif

2.4.5 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule : [7]

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

Avec :

Q_{adm} : Débit horaire maximal accepté par voie

K_1 : coefficient lié à l'environnement (tableau 1.6)

K_2 : coefficient lié à la catégorie de la route et son environnement (tableau 1.7)

C_{th} : capacité théorique par voie, en U.V.P (tableau 1.8)

➤ Valeurs de K_1 :

Tableau 1.6 : coefficient lié à l'environnement [4]

environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0,75	0,85	0,90-0,95

➤ Valeurs de K_2 :

Tableau 1.7 : coefficient de réduction de capacité [4]

Catégorie Environnement	Catégorie1	Catégorie2	Catégorie3	Catégorie4	Catégorie5
E ₁	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E ₂	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E ₃	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

➤ Valeurs de C_{th} :

Tableau 1.8 : les capacités théoriques [4]

Nombre des voies de la route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200 uvp/h

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

Route à chaussées séparées	1500à1800 uvp/h
----------------------------	-----------------

2.4.6. Détermination du Nombre De Voies : [4]

➤ Cas d'une chaussée bidirectionnelle : $N = \frac{Q}{Q_{adm}}$

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

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie

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

2.5 Application au projet :

2.5.1 Les données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la direction des travaux publics, nous avons : [8]

- Le trafic à l'année 2016 $TJMA_{2016} = 6500$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\mathcal{T} = 4\%$
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 22\%$
- L'année de mise en service sera en 2017
- La durée de vie estimée est de 20 ans

D'après le tableau de **B40** on peut déterminer la vitesse de référence sur le tracé

Tableau 1.9 : vitesse de référence en fonction de la catégorie et l'environnement [4]

	Catégorie Environnement	Cat.2
Axe : 01	E ₁	120/100/80
Axe : 02	E ₂	100/80/60

2.5.2 Projection future de trafic :

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

Avec :

TMJA_h : le trafic à l'année horizon, l'année de mise en service (2017).

TMJA₀ : le trafic à l'année de référence(2016).

$$\text{TMJA}_{2017}=6500(1 + 0,04) = 6760 \text{ v/j}$$

$$\text{TMJA}_{2017}=6760$$

Trafic à l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$\text{TMJA}_{2037}= 6760 \times (1+0,04)^{20}=14812 \text{ v/j}$$

$$\text{TMJA}_{2037}=14812$$

2.5.3. Calcul de trafic effectif :

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

Pour axe : 01

Z : pourcentage de poids lourd on a $z = 22 \%$.

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement **E2** on a **P = 6**

$$\text{TMJA}_{2017}= 6760 \text{ v/j}$$

$$\text{TMJA}_{2037}= 14812 \text{ v/j}$$

$$T_{\text{eff}} \text{ 2017} = 6760 \times [(1 - 0.22) + 6 \times 0,22] = 14196 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} \text{ 2017}=14196 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} \text{ 2037}= 14812 \times [(1 - 0.22) + 6 \times 0,22] = 31105 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} \text{ 2037}=31105 \text{ uvp/h}$$

Pour l'axe 02 :

Z : pourcentage de poids lourd on a $z = 22 \%$.

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement **E1** on a **P = 3**

$$\text{TMJA}_{2017}= 6760 \text{ v/j}$$

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

$$TMJA_{2037} = 14812 \text{ v/j}$$

$$T_{\text{eff}} 2017 = 6760 \times [(1 - 0.22) + 3 \times 0.22] = 9735 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} 2017 = 9735 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} 2037 = 14812 \times [(1 - 0.22) + 3 \times 0.22] = 21329 \text{ uvp/h}$$

$$T_{\text{eff}} 2037 = 21329 \text{ uvp/h}$$

2.5.4 Débit de pointe horaire normale :

- Pour l'axe 01 :

$$Q_{2037} = 0,12 \times T_{\text{eff}2037}$$

$$Q_{2037} = 0,12 \times 31105$$

$$Q_{2037} = 3733 \text{ uvp/h}$$

- Pour l'axe 02 :

$$Q_{2037} = 0,12 \times T_{\text{eff}2037}$$

$$Q_{2037} = 0,12 \times 21329$$

$$Q_{2037} = 2559 \text{ uvp/h}$$

2.5.5 Débit admissible :

- Pour l'axe 01

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

L'environnement E_2 \longrightarrow $K_1 = 0,85$

Catégorie 2
L'environnement E_2 \longrightarrow $K_2 = 0,99$

D'après B40 : $C_{\text{th}} = 2000 \text{ uvp/h}$

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 2000$$

$$Q_{\text{adm}} = 1683 \text{ uvp/h}$$

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

- Pour l'axe 02

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

L'environnement E_1 \longrightarrow $K_1 = 0,75$

Catégorie 2
L'environnement E_1 \longrightarrow $K_2 = 1,00$

D'après B40 : $C_{th} = 2000$ uvp/h

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1,00 \times 2000$$

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

2.6 Nombre de voies du profil en travers :

- Pour l'axe 01 :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{3733}{1683}$$

$$N = 1,48$$

Donc on prend $N = 2$ voies/sens

- Pour l'axe 02 :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{2559}{1500}$$

$$N = 1,13$$

Donc on prend $N = 2$ voies/sens.

2.7 Calcul de l'année de saturation de 1voies :

CHAPITRE 1 : PRESENTATION ET ETUDE DE TRAFIC

- Pour l'axe 01 :

$$T_{\text{eff}2017} = 14196 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2017} = 1704 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = 1683 \text{ uvp/h}$$

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

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times 1683 = 6732 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 6732 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} \Rightarrow n = \ln(Q_{\text{sat}}/Q) / \ln(1 + \tau)$$

$$n = \ln(6732 / 1704) / \ln(1 + 0.04)$$

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

D'où notre route sera saturée 35 ans après la mise en service donc l'année de saturation est l'année : 2052.

- Pour l'axe 02 :

$$T_{\text{eff}2017} = 9735 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2017} = 1168 \text{ uvp/h}$$

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

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

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

$$Q_{\text{saturation}} = 6000 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} \Rightarrow n = \ln(Q_{\text{sat}}/Q) / \ln(1 + \tau)$$

$$n = \ln(6000 / 1168) / \ln(1 + 0.04)$$

$$n = 41 \text{ ans}$$

D'où notre route sera saturée 41 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2058.

3. Conclusion :

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

La route bidirectionnelle 2x2 voies de 3,5 m de largeur et des accotements de 2 m.

Chapitre 2 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

1. INTRODUCTION :

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain. De plus la surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

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

2. TRACE EN PLAN :

2.1 Définition :

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route. Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Le tracé se caractérise par une vitesse de référence à partir de laquelle on pourra déterminer ou définir toutes caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan doit être étudié en fonction des données économiques qu'on peut recueillir. [4]

2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour obtenir un bon tracé suivant les normes on essaie d'appliquer celles de B40 si possible. : [4]

- Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour de raison économiques.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale de l'alignement droit si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.

2.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments (voir figure 2.1) : [4]

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

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE



Figure2.1 : Les éléments de tracé en plan

2.3.1 Les alignements :

a) Longueur minimale :

La longueur minimale d'alignement L_{\min} 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. [4]

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation.
Avec V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ s [4]

$$L_{\min} = 5 \times V_B$$

b) Longueur maximale :

La longueur maximale L_{\max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s).

D'après B40 on a : $L_{\max} = T \times V_B$

Avec V_B vitesse de base en (m/s) et $T = 60$ s [4]

$$L_{\max} = 60 \times V_B$$

A.N :

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) $V_B = 80$ Km/h et $T = 5$ s.

Donc :

$$L_{\min} = 5 \times V_B$$

$$L_{\min} = 5 \times 80 \times 1000 / 3600$$

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

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) $V_B = 80 \text{ Km/h}$ et $T = 60 \text{ s}$.

Donc :

$$L_{\max} = 60 \times V_B$$

$$L_{\max} = 60 \times 80 \times 1000 / 3600$$

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

2.3.2 Arcs de cercle :

Les éléments qui sont interviennent pour limiter les courbures : [4]

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

a) Stabilité En Courbe :

Dans un virage, l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système.

Les rayons en plans dépendant des facteurs suivant : [4]

- Force centrifuge **F_c**.
- Poids de véhicule **P**.
- Accélération de la pesanteur **G**.
- Devers **d**.

❖ Rayon horizontal minimal absolu ($R_{H_{\min}}$) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal. [4]

$$R_{H_{\min}} = \frac{V_r^2}{127(ft + d_{\max})}$$

Avec :

f_t : coefficient de frottement transversal.

❖ Rayon minimal normal (R_{H_n}) :

Le rayon minimal normal (R_{H_n}) doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20Km/h de roulés en sécurité. [4]

$$R_{H_n} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft + d_{\max})}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

❖ Rayon au dévers minimal (RH_d) :

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

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2. [4]

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

❖ Rayon minimal non déversé (RH_{nd}) :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RH_{nd}). [4]

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times (f'' - d_{\min})}$$

Pour notre projet $f'' = 0,06$.

➤ Application au projet :

- Les données :

$V_r = 80$ km/h.

Tableau 2.1 : Devers minimal et maximal suivant [4]

Environnement \ Devers	Facile	moyen	difficile
Devers minimal			
-cat .1-2	2.5 %	2.5 %	2.5 %
-cat .3-4-5	3 %	3 %	3 %
Devers maximal			
-cat .1-2	7 %	7 %	7 %
-cat .3-4	8 %	8 %	7 %
-cat .5	9 %	9 %	9 %

Déver minimale $D_{\min} = 2.5\%$

Déver maximal $D_{\max} = 7\%$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Tableau 2.2 : Coefficient de frottement transversal suivant [4]

V (km/h)	40	60	80	100	120	140
F _t	0.17	0.15	0.14	0.13	0.11	0.11

ft =0.14

f'': en fonction de catégorie(**B40**)

f'' = 0.060 pour les catégories 1 et 2

f''=0.070 pour la catégorie 3

f''=0.075 pour les catégories 4 et 5

Pour notre projet f''=0.06

- Les calculs :

❖ **Rayon horizontal minimal absolu (RH_{min}) :**

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127(ft+D_{max})}$$

$$RH_m = \frac{80^2}{127(0.14+0.07)}$$

$$RH_m = 240m$$

❖ **Rayon horizontal minimal normale (RH_n) :**

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

$$RH_n = \frac{(80+20)^2}{127(0.14+0.07)}$$

$$RH_n = 375m$$

❖ **Rayon au dévers minimal (RH_d) :**

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

$$RH_d = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025}$$

$$RH_d = 1008m$$

❖ Rayon minimal non déversé (RH_{nd}) :

$$RH_{nd} = \frac{Vr^2}{127(f' - d_{min})}$$

$$RH_{nd} = \frac{80^2}{127(0.06 - 0.025)}$$

$$RH_{nd} = 1440m$$

Tableau 2.3 : Rayons du tracé en plan :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse(Km/h)	V	80
Divers maximal(%)	D_{max}	7
Rayon horizontale minimal(m)	RH_m (7%)	240
Rayon horizontal normal(m)	RH_n (5%)	375
Rayon horizontal déversé(m)	RH_d (2.5%)	1008
Rayon horizontal non déversé(m)	RH_{nd} (-2.5%)	1440

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

2.3.3 Courbe de raccordement progressif:

Un tracé rationnel de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle et entre eux des tronçons de raccordement de courbure progressive. [9]

a) Rôle et nécessité des courbes de raccordement progressif :

L'emploi du CR se justifie par les conditions suivantes : [9]

- Stabilité transversale du véhicule ;
- Confort des passagers du véhicule ;
- Transition de la forme de la chaussée.

b) Type de courbe de raccordement progressif:

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désiré d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes : [9].

❖ Parabole cubique :

Utilisée dans les tracés de chemin de fer

❖ Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes

❖ Clothoïde :

La clothoïde sert à raccorder deux alignements droits, deux cercles ou un cercle et alignement droit dont le rayon est inférieur à 200 m.

La clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers. (Figure 2.2)

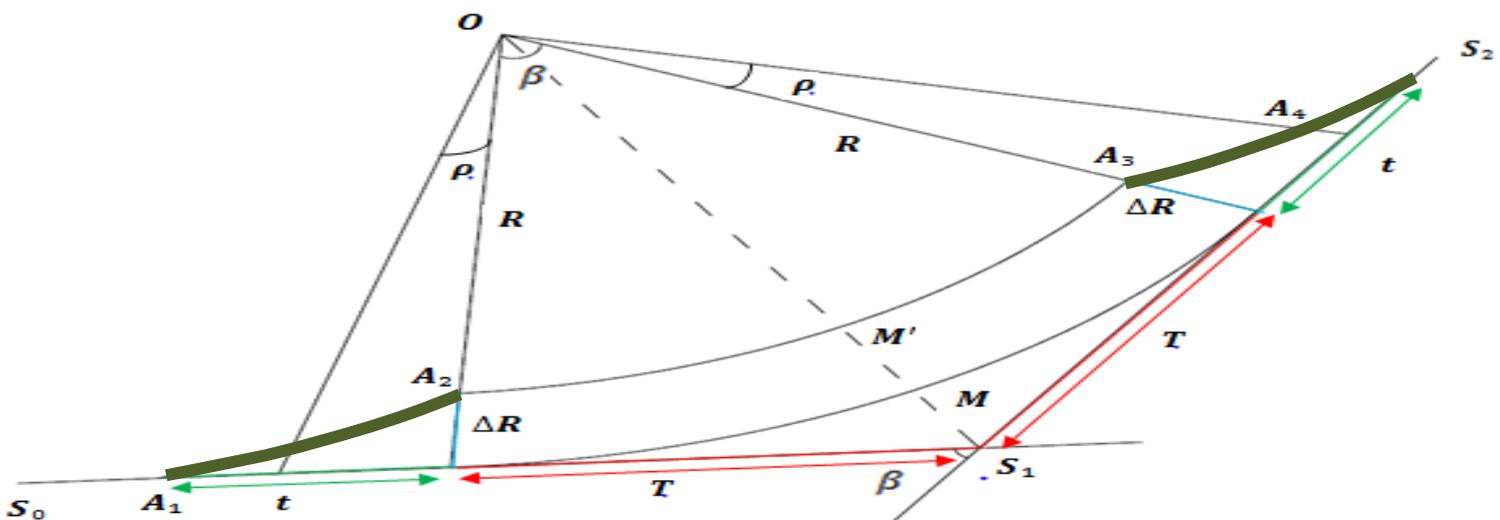


Figure 2.2 : exemple de calcul d'un tracé en plan

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

O : Centre de cercle.

R : Rayon du cercle.

T : grande tangente.

ρ : Angle des tangentes.

ΔR : Mesure du décalage entre l'élément droit et arc de cercle.

A₁ : origine de clothoïde.

A₂ : Extrémité de clothoïde.

2.4 Calcul de raccordement progressif :

2.4.1 Calcul des éléments de la courbe circulaire :

T : Grande tangente

D : Développement

S_m : La flèche.

2.4.2 Choisir la longueur des raccordements progressifs :

La clothoïde est défini par son rayon R et son développement.

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

Avec : A : Paramètre de la clothoïde.

➤ Condition optique :

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

$$L_o = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

- Avec $\Delta R = 1$ Éventuellement 0.5m.

$$\frac{R}{3} < L_o < \frac{R}{2}$$

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

$$L_o = \sqrt{R}$$

- $R > 5000 \text{ m}$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Avec : $\Delta R = 2.5$

➤ **Condition de gauchissement :**

$$L_g \geq \frac{I \times \Delta d \times V_r}{50}$$

Avec :

Δd : Variation de dévers%

V_r : vitesse de référence

I = la distance entre axe de rotation et bord de la chaussée $I=7$ m [4]

➤ **Condition de confort :**

$$L_c \geq \frac{v_r^2}{18} \times \left[\frac{v_r^2}{127R} - \Delta d \right]$$

Donc :

$$L = \max [L_o, L_c, L_g]$$

2.4.3 Vérification de la condition de l'aménagement (disposition du raccordement progressif) :

$$2\rho = \frac{L}{R} \leq \beta$$

Si $2\rho > \beta$: il faut augmenter le rayon R et diminuer la longueur L .

2.4.4 Détermination le paramètre A de la clothoïde :

$$A = \sqrt{R \times L}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

2.4.5 Détermination des coordonnées du point final du raccordement progressif :

L'intermédiaire de l'abaque de la clothoïde

$$SA = \frac{L}{A}$$

$$\begin{aligned} X0 &= X1 \times A \\ Y0 &= Y1 \times A \end{aligned}$$

2.4.6 Détermination de déplacements t et ΔR :

$$\begin{aligned} t &= X0 - R \sin \rho \\ \Delta R &= Y0 - R(1 - \cos \rho) \end{aligned}$$

2.4.7 Déterminer le déplacement de la courbe par rapport au sommet S1 :

$$S_1M' = S_1M + \Delta R$$

2.4.8 Le nouveau développement :

$$D0 = [(\beta - 2\rho) \times R]$$

Avec :

β et ρ : En radian.

2.4.9 Déterminer les distances cumulées :

$$\begin{aligned} \text{dis cum}(A1) &= S0S1 - (T + t) \\ S0S1 &= \sqrt{(X1 - X0)^2 + (Y1 - Y0)^2} \\ \text{dis cum}(A2) &= \text{dis cum}(A) + l \\ \text{dis cum}(A3) &= \text{dis}(A2) + D0 \\ \text{dis cum}(A4) &= \text{dis}(A3) + l \end{aligned}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

2.5 Exemple de calcul d'un tracé en plan : Pk= 0+241.035m

- Les données :

Vr = 80km/h; Cat 2; Dmax = 7% ; $\beta=10^\circ$; R=446.25 ; l= 2 vois 3.5m.

Point	X(m)	Y(m)
S ₀	4783.7983	11113.6316
S ₁	6102.3316	12073.2554
S ₂	6182.3167	12155.2586

❖ Calcul des éléments courbes circulaires :

a) Distance T :

$$T = \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \times R$$

$$T = \tan\left(\frac{10}{2}\right) \times 446.25$$

$$T = 39.04\text{m}$$

b) Développement D :

$$D = R \times \beta \text{ (rad)}$$

$$\beta \rightarrow 10^\circ$$

$$2\pi \rightarrow 180^\circ$$

$$\beta = 0.35(\text{Rad})$$

$$D = 446.25 \times 0.35$$

$$D = 155.69\text{m}$$

c) La flèche S₁M :

$$\beta \rightarrow 10^\circ$$

$$200 \rightarrow 180^\circ$$

$$S_1M = R \left(\frac{1}{\cos \beta/2} - 1 \right)$$

$$\beta = 11.11(\text{Grad})$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

$$S_1M = 446.25 \left(\frac{1}{\cos(11.11/2)} - 1 \right)$$

$$S_1M = 1.70m$$

❖ Choisir la longueur des raccordements progressifs

a) Condition optique L_0 :

$$R < 1500 ; \quad \Delta R = 1$$

$$L_0 = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

$$L_0 = \sqrt{24 \times 446.25 \times 1}$$

$$L_0 = 103.5m$$

b) Condition de confort dynamique L_c :

$$\Delta d = d + d_{min}$$

$$\Delta d = 7 + 2.5$$

$$\Delta d = 9.5\%$$

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

$$L_c \geq \frac{80^2}{18} \left[\frac{80^2}{127(446.25)} - 0.095 \right]$$

$$L_c = 6.37m$$

c) Condition dynamique L_g :

$$I = 7m \text{ (B40)}$$

$$L_g = \frac{I \times R \times \Delta d}{50}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

$$L_g = \frac{7 \times 446.25 \times 0.095}{50}$$

$$L_g = 106.04 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L_o, L_c, L_g) ;$$

$$L = \text{Max} (103.5, 6.37, 106.04) ;$$

$$L = 106.04 \text{ m}$$

❖ Vérification de la condition déménagement disposition du raccordement :

$$2\rho = \frac{L}{R} < \beta \text{ rad}$$

$$2\rho = \frac{L}{R} = \frac{106.4}{446.25}$$

$$2\rho = 0.238$$

$$\rho = 0.119 \text{ rad}$$

$$0.238 < 0.350 \text{ Condition vérifié.}$$

❖ Déterminer le paramètre A de la clothoïde :

$$A = \sqrt{R \times L}$$

$$A = \sqrt{446,25 \times 106,4}$$

$$A = 218 \text{ m}$$

❖ Déterminer les cordonnées de point final du raccordement progressive:

$$SA = \frac{L}{R}$$

$$SA = \frac{106.04}{446.25}$$

$$SA = 0.49$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

SA	X_1	Y_1
0.49	0.489293	0.019588

$$\begin{cases} X_0 = X_1 \times A \\ Y_0 = Y_1 \times A \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_0 = 0.489293 \times 218 \\ Y_0 = 0.019588 \times 218 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} X_0 &= 106.66 \\ Y_0 &= 4.27 \end{aligned}$$

❖ Déterminer les déplacements t et ΔR

a) Déplacements t :

$$t = X_0 - R \sin(\rho)$$

$$t = 106.66 - 446.25 \sin(0.119)$$

$$t = 53.68\text{m}$$

b) Déplacements ΔR :

$$\Delta R = Y_0 - R(1 - \cos(\rho))$$

$$\Delta R = 4.27 - 446.25(1 - \cos(0.119))$$

$$\Delta R = 1.114\text{m}$$

❖ Déterminer le déplacement de la courbe par rapport au sommet S :

$$S_1M' = S_1M + \Delta r$$

$$S_1M' = 1.70 + 1.14$$

$$S_1M' = 2.814\text{m}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

- ❖ Le nouveau développement D_0 :

$$D_0 = (\beta - 2\rho) \times R$$

$$D_0 = (0.35 - 2(0.119)) \times 446.25$$

$$D_0 = 49.98 \text{ m}$$

- ❖ Déterminer les distances cumulées :

$$dis\ cum(A_1) = S_0 S_1 - (T + t)$$

$$S_0 S_1 = \sqrt{(X_1 - X_0)^2 + (Y_1 - Y_0)^2}$$

$$S_0 S_1 = \sqrt{(6102.3316 - 4783.7983)^2 + (12073.2554 - 11113.6316)^2}$$

$$S_0 S_1 = 1630.7691 \text{ m}$$

$$dis\ cum(A_1) = 1630.7691 - (39.04 + 53.68)$$

$$dis\ cum(A_1) = 1538.04 \text{ m}$$

$$dis\ cum(A_2) = dis\ cum(A_1) + L$$

$$dis\ cum(A_2) = 1538.04 + 106.04$$

$$dis\ cum(A_2) = 1644.44 \text{ m}$$

$$dis\ cum(A_3) = dis\ cum(A_2) + D_0$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

$$\text{dis cum}(A_3) = 1644.44 + 49.98$$

$$\text{dis cum}(A_3) = 1694.42 \text{ m}$$

$$\text{dis cum}(A_4) = \text{dis cum}(A_3) + L$$

$$\text{dis cum}(A_4) = 1694.42 + 106.64$$

$$\text{dis cum}(A_4) = 21.83 \text{ m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} PK(S_0) = 0(km) + 00000(m) \\ PK(A_1) = 1(km) + 538.04(m) \\ PK(A_2) = 1(km) + 644.44(m) \\ PK(A_3) = 1(km) + 694.42(m) \\ PK(A_4) = 1(km) + 800.82(m) \end{array} \right.$$

3. PROFIL EN LONG :

3.1 Définition :

Le profil en long est une coupe longitudinale passant par l'axe de la route. En général, c'est une succession d'alignement droit (rampe et pente) raccordés par des courbes.

Pour chaque point en profil en long on doit déterminer :

- La cote de terrain naturel ;
- La cote de projet ;
- La déclivité du projet, etc....

3.2 Règles à respecter dans le profil en long :

L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes : **[10]**

- Éviter les angles entrants en déblai,
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long,
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- Limité la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq i_{max}$)

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

3.3 Les éléments géométriques du profil en long :

3.3.1 Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités. [4]

3.3.2 Déclivité :

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle s'appelle une pente pour les descentes et de rampe pour les montées. [11]

Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence m des deux déclivités (figure 2.3). [12]

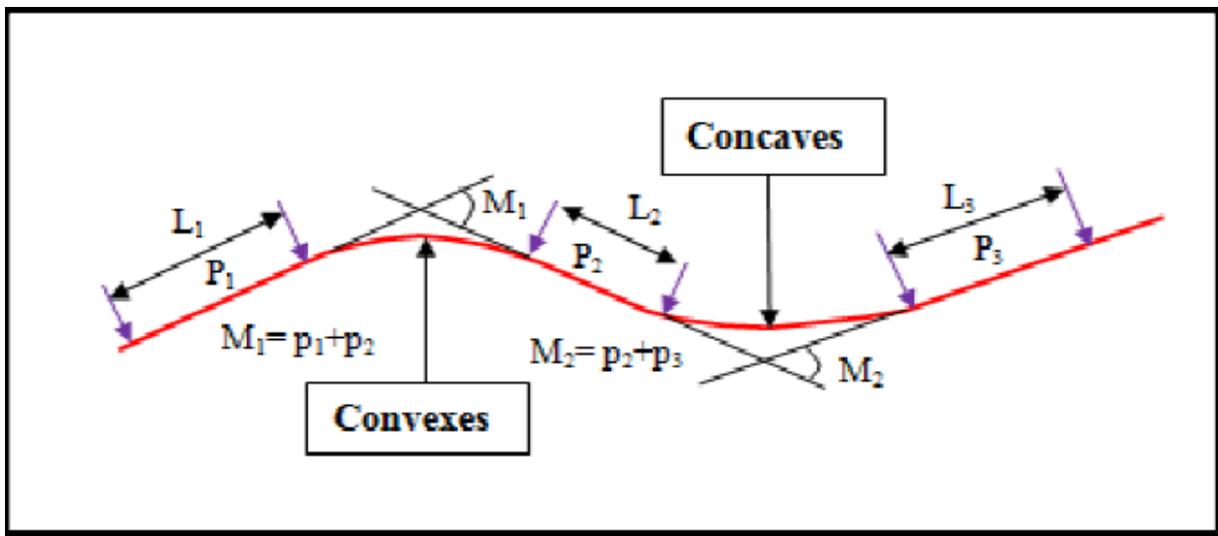


Figure 2.3 : éléments géométriques du profil en long. [13]

✓ On a deux types de déclivité :

a) Déclivité minimale :

Les eaux s'évacuent longitudinalement dans les tronçons de route en palier, à l'aide de déclivités suffisantes. Leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1% [9]

b) Déclivité maximale :

La déclivité maximale dépend de l'adhérence des pneus à la chaussée et la réduction des vitesses qu'elle provoque. Les valeurs de déclivités max sont résumées sur le tableau suivant : [12]

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Tableau 2.4 : valeur de déclivité maximale (B40)

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

3.4 Raccordement verticaux :

En profil en long, deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. On distingue deux types de raccordements : [4]

3.4.1 Raccordement convexe (saillants) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Leurs conceptions doit satisfaire: [4]

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers. [4]

b) Condition de visibilité :

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrête. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement. [11]

3.4.2 Raccordement concave (rentrants) :

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle. [4]

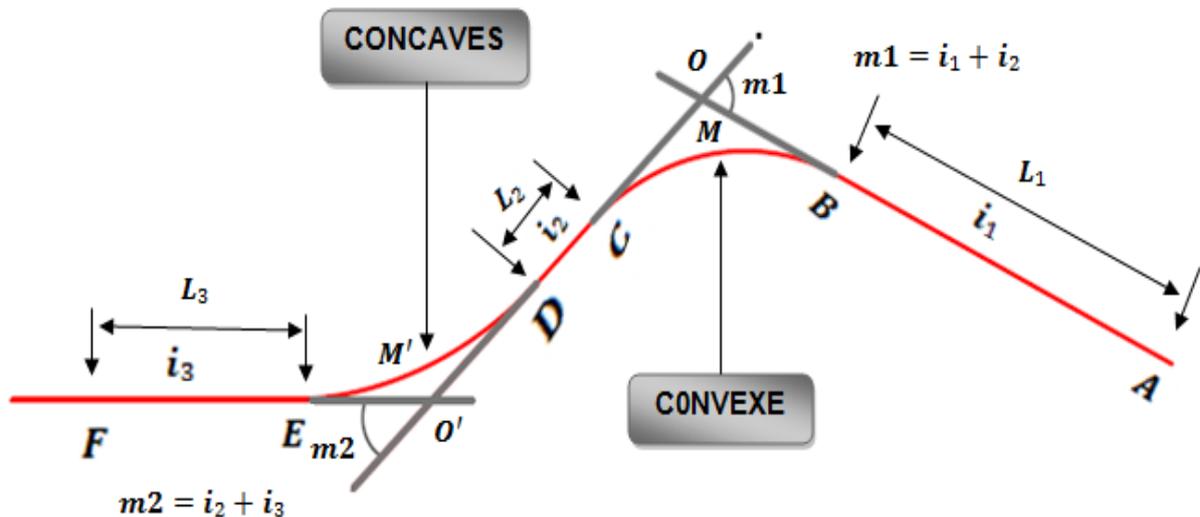
Pour une vitesse **Vr=80 Km/h**, une catégorie **C2** et environnement **E2** pour l'axe **1** et environnement **E1** pour l'axe **2**, on a le tableau suivant :

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Tableau 2.5 : Valeurs des rayons verticaux pour un angle (saillant et rentrant)
Norme-B40-

		L'axe 01	L'axe 02
Catégorie		C2	C2
Environnement		E2	E1
Vitesse de référence (Km/h)		80	80
Déclivité maximale I _{max} (%)		6%	6%
Rayon en angle saillant R _v (m)	Min-absolu R _{v_m}	2500	6000
	Min-normal R _{v_n}	6000	12000
Rayon en angle rentrant R' _v (m)	Min-absolu R' _{v_m}	2400	2400
	Min-normal R' _{v_n}	3000	3000

3.5 Exemple de calcul de profil en long (l'axe 01) Pk= 2+018 Km:



CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

- Les données :

Point choisis $C_p(A) = C_{tn}(A) = 1001.22m$

$R_1 = 4500m$; $i_1 = 1.2\%$; $i_2 = 1.9\%$; $i_3 = 0.5\%$

$R_2 = 4200m$.

O (9778.1641 ; 11667.0970)

A (9904.1337 ; 11651.9806)

B (9847.9140 ; 11658.7270)

D (9679.4570 ; 11648.3426)

C (9708.4141 ; 11653.8445)

E (9599.6570 ; 11640.7616)

$$X_{CB} = X_B - X_C$$

$$X_{CB} = 9847.9140 - 9708.4141 = 139.499m$$

$$X_{ED} = X_D - X_E$$

$$X_{ED} = 9679.4570 - 9599.6570 = 79.8m$$

$$\text{Distance} = \sqrt{(X - X')^2 + (y - y')^2}$$

$$AB = 56.623m ; OA = 126.373m ; OD = 100.472m ; OO' = 139.371m$$

- Les Calculs :

3.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) R_1 :

a) Tangente u :

$$OB = OC = u = R \frac{i_1 + i_2}{2}$$

$$u = 4500 \times \frac{0.012 + 0.019}{2}$$

$$u = 69.75m$$

b) La fleche :

$$f = \frac{R \times \left(\frac{i_1 + i_2}{2}\right)^2}{8}$$

$$f = \frac{4500 \times \left(\frac{0.012 + 0.019}{2}\right)^2}{8}$$

$$f = 0.540m$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

c) Les points de raccordement :

$$Cp(A) = Ctn(A) = 1001.22m$$

$$Cp(B) = Ctn(A) + i_1 \times AB$$

$$Cp(B) = 1001.22 + 0.012 \times 56.623$$

$$\mathbf{Cp(B) = 1001.89m}$$

$$Cp(O) = Ctn(A) + i_1 \times OA$$

$$Cp(O) = 1001.22 + 0.012 \times 126.373$$

$$\mathbf{Cp(O) = 1002.736 m}$$

$$Cp(M) = 1002.736 - 0.54$$

$$Cp(M) = Cp(O) - f$$

$$\mathbf{Cp(M) = 1002.196 m}$$

$$Cp(C) = Cp(B) + i_2(X) - \frac{X^2}{2R}$$

$$Cp(C) = 1001.890 + 0.019(139.499) - \frac{139.499^2}{2(4500)}$$

$$\mathbf{Cp(C) = 1002.378 m}$$

d) Développement :

$$D = R \times (i_1 + i_2)$$

$$D = 4500 \times (0.012 + 0.019)$$

$$\mathbf{D = 139.5m}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

3.5.2 Raccordements concaves (angle rentrant) R_2 :

a) la tangente :

$$O'D = O'E = u' = R' \times \tan\left(\frac{p}{2}\right) = R' \frac{i_2 + i_3}{2}$$

$$u' = 4200 \frac{0.019 + 0.005}{2}$$

$$\mathbf{u' = 50.4m}$$

c) la flèche :

$$f = \frac{R \times \left(\frac{i_2 + i_3}{2}\right)^2}{8}$$

$$f = \frac{4200 \times \left(\frac{0.019 + 0.005}{2}\right)^2}{8}$$

$$\mathbf{f = 0.0756m}$$

d) Les points de raccordement :

$$Cp(D) = Cp(O) - i_2 \times OD$$

$$Cp(D) = 1002.736 - 0.019 \times 100.472$$

$$\mathbf{Cp(D) = 1000.827m}$$

$$Cp(O') = Cp(O) - i_2 \times OO'$$

$$Cp(O') = 1002.736 - 0.019 \times 139.371$$

$$\mathbf{Cp(O') = 1000.087m}$$

$$Cp(M') = Cp(O') + f'$$

$$Cp(M') = 1000.087 + 0.0756$$

$$\mathbf{Cp(M') = 1000.162m}$$

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

$$Cp(E) = Cp(D) - i_3(X) + \frac{X^2}{2R}$$

$$Cp(E) = 1000.467 - 0.005 \times (79.8) + \frac{79.8^2}{2(4200)}$$

$$Cp(E) = 1000.826m$$

e) Développement :

$$D = R \times (i_2 + i_3)$$

$$D = 4200 \times (0.019 + 0.005)$$

$$D = 100.8 m$$

4. Profil en travers :

4.1 Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan verticale, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler, elle comprend aussi plusieurs voies, dont le choix est déterminé. [4]

Pour la bonne compréhension du profil en travers, quatre précisions doivent être apportées : [14]

- La chaussée, au sens géométrique du terme, est limitée par le bord interne du marquage de rive ;
- La largeur de voie comprend une part du marquage de délimitation des voies ;
- L'accotement comprend une bande dérasée, constituée d'une sur largeur de chaussée supportant le marquage de rive et d'une bande stabilisée ou revêtue et la berme ;
- La bande dérasée de gauche est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelles. Elle supporte le marquage de rive ; elle peut être d'une structure plus légère que la chaussée.

4.2 Les type du profil en travers :

4.2.1 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) pour le calcul des cubatures. [15]

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

4.2.2 Profil en travers type :

Il contient tout les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais et mixte). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. [15]

4.3 Principaux éléments de la route :

➤ **La chaussée :**

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. [5]

➤ **Les accotements :**

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement. [5]

➤ **La plate-forme :**

C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais. [5]

➤ **L'assiette :**

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements. [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. [5]

4.4 Application au projet :

Il existe trois types de profils en travers : le profil en remblai, en déblai et le profil mixte.

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

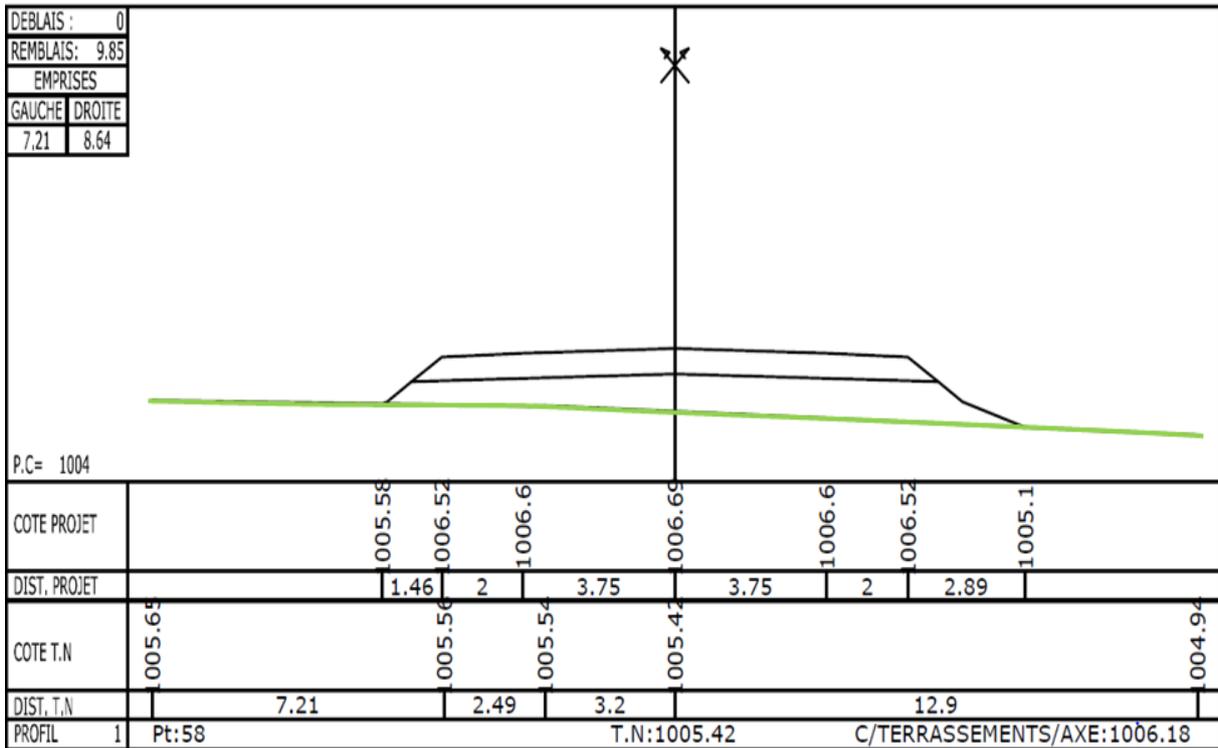


Figure 2.4 : Profil en travers remblai.

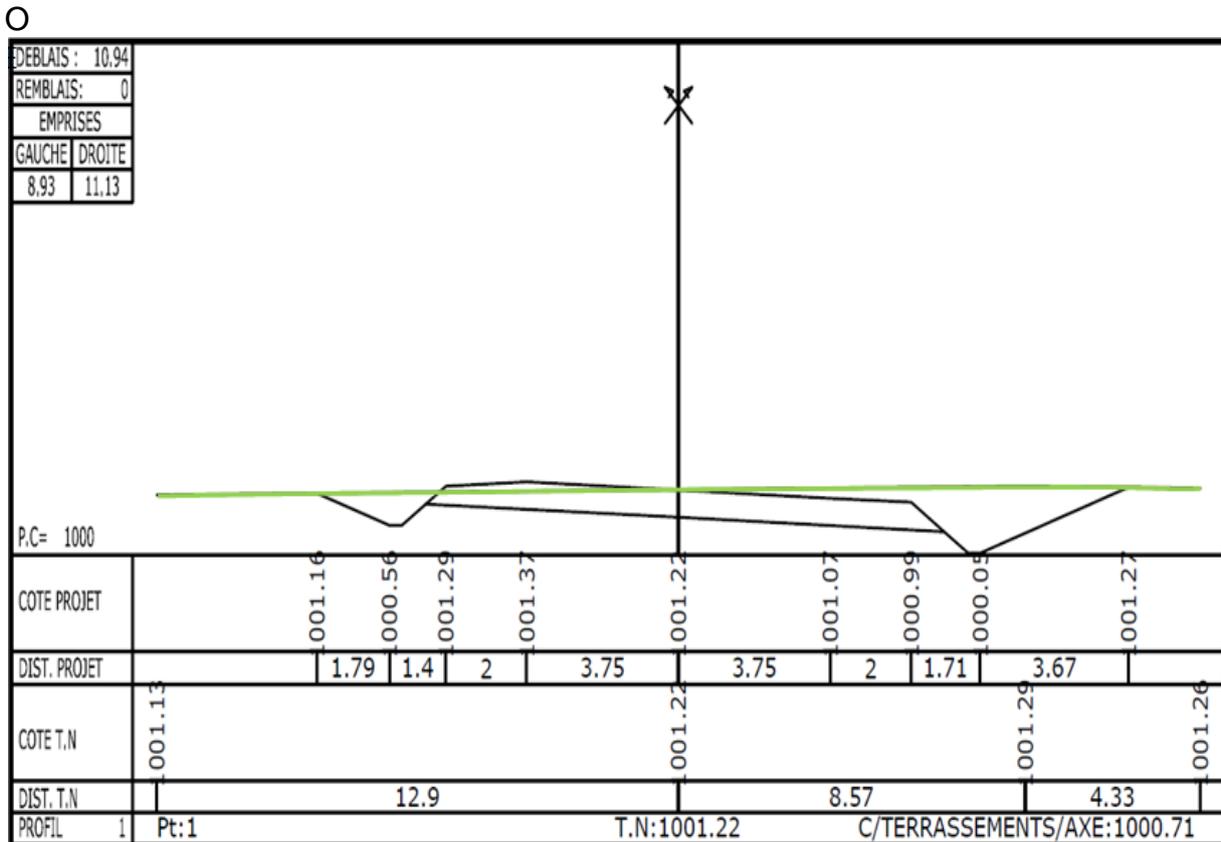


Figure 2.5 : Profil en travers mixte

CHAPITRE02 : GEOMETRIE DE LA ROUTE

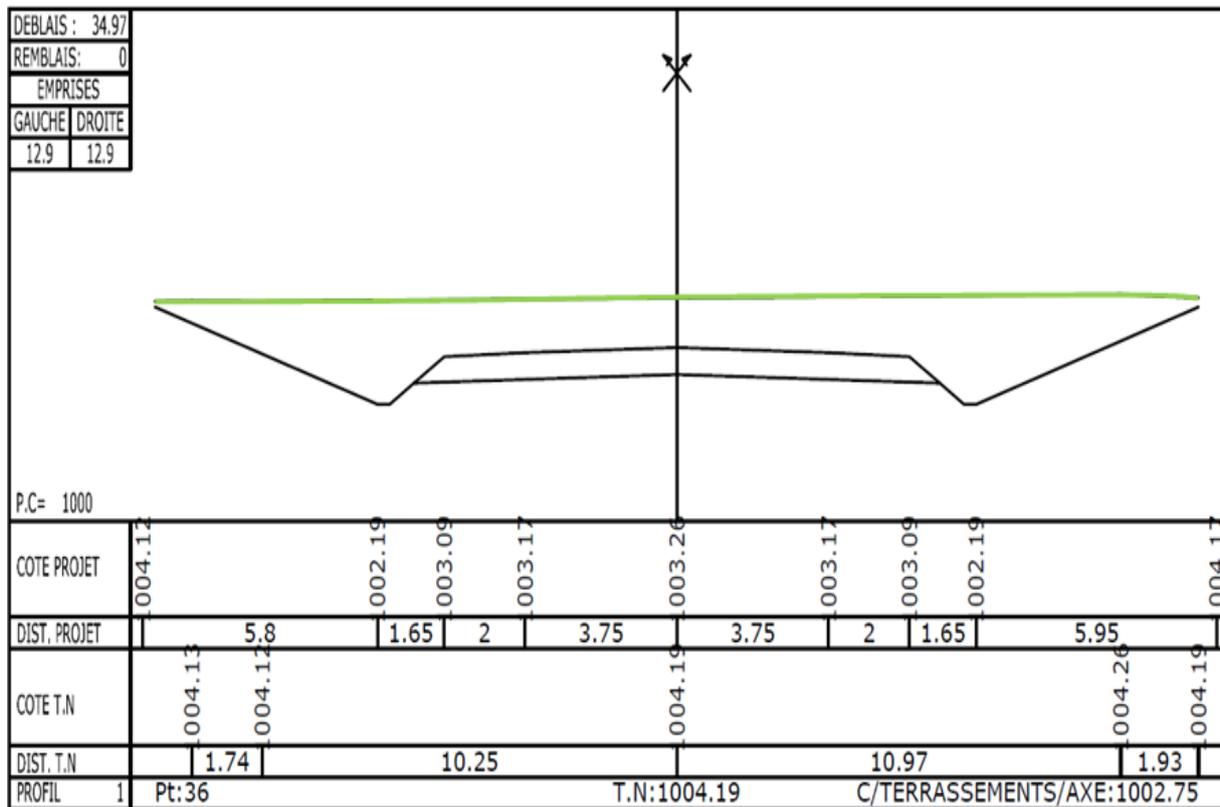


Figure 4.6 : Profil en travers déblai.

5. Conclusion :

On conclut qu'une bonne géométrie d'une route est caractérisée par la bonne fixation des trois éléments (tracé en plan, profil en long et profil en travers).

D'après l'étude qu'on a faite pour notre projet concernant les trois éléments géométriques (tracé en plan, profil en long et profil en travers), on a trouvé :

- L'alignement droit minimum $L_{min}=111,11m$ et maximum $L_{max}=1333,33m$;
- Une déclivité max de 6% ;
- On a trois types de profil en travers (Remblai, Déblai et Mixte) ;
- Deux chaussées de deux voies de 3,5m chacune ;
- Un accotement de 2m à chaque côté droit de la chaussée.

Chapitre 3 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. Introduction :

Le corps de chaussée est dimensionné afin de supporter la circulation de trafic dans les bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers.

Pour cela, l'épaisseur des couches constituant le corps de la chaussée doit être suffisant pour qu'elles supportent le chargement.

Dans ce chapitre, on recense quelques méthodes de dimensionnement du corps de chaussée et on utilise la méthode de CBR pour dimensionner le corps de chaussée de notre projet.

2. La chaussée :

2.1 Définition :

- **Au sens géométrique** : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. [16]
- **Au sens structurel** : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges. [16]

3. Les structures de chaussées :

En général, la chaussée se présente comme un ensemble des couches de différentes épaisseurs où chaque couche possède une fonction particulière. On peut distinguer deux types de couches (couche de surface, couche d'assise).

3.1 Couche de surface :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en général composée de deux couches : (couche de roulement et couche de liaison). [17]

- **Couche de roulement** : elle a pour rôle :
 - D'assurer le confort des usagers (diminution de bruit) ;
 - D'assurer la sécurité (par l'adhérence).
 - D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- **Couche de liaison** : elle a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

En général, l'épaisseur de la couche de roulement (couverture bitumineuse) est relativement mince (inférieure à 15 cm) et l'épaisseur de la chaussée est comprise entre 30 et 60 cm.

3.2 Couche d'assise :

a) couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet du trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. [17]

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

b) couche de fondation :

Elle assure une bonne portance de la chaussée finie. Et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base. [17]

L'épaisseur de la couche de fondation est éventuellement 20 à 50 cm.

❖ Couche de forme :

La couche de forme est une structure qui n'appartient pas au corps de chaussée. Elle est plus ou moins complexe, elle sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussées. [17]

Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

4. Différents types de chaussées :

4.1 Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée. (Figure 3.2). [18]

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

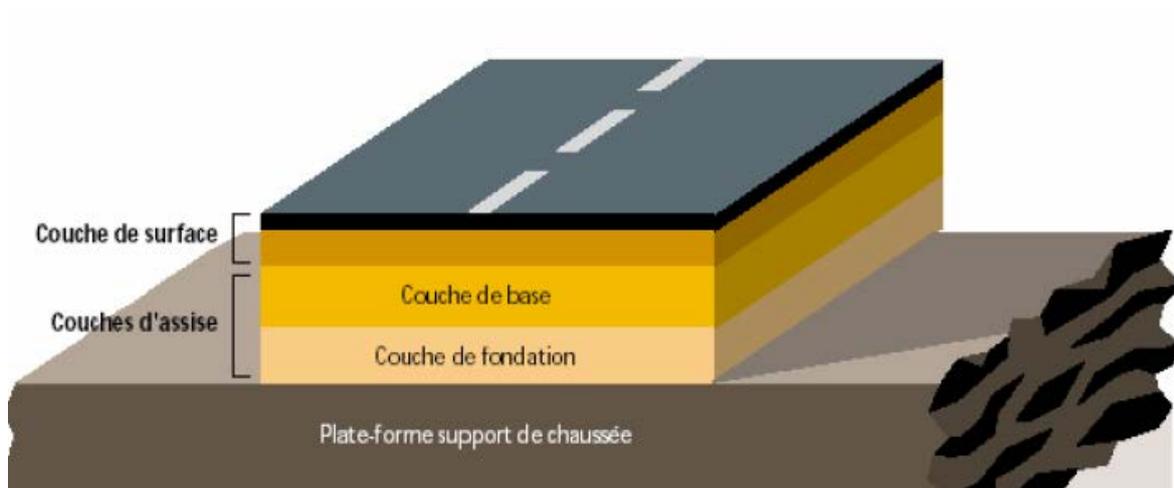


Figure 3.1 : Structure type d'une chaussée souple [18]

4.2 Les chaussées semi-rigides :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche de base ou deux couches : de base et de fondation. (Voir figure 3.3) [18]

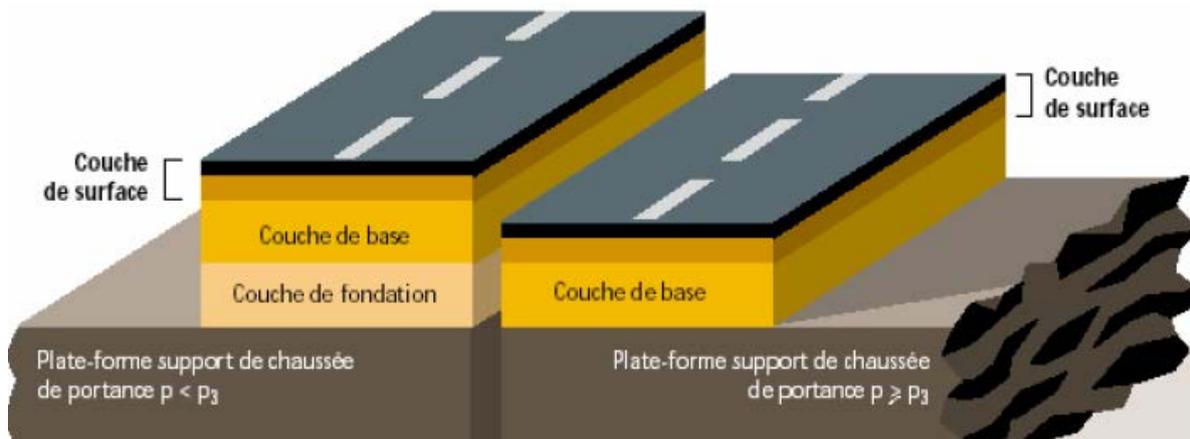


Figure 3.2 : structure type d'une chaussée semi-rigide [18]

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

4.3 Les chaussées rigides :

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

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes : [18]

- Une couche de fondation ;
- Une couche de base en béton de ciment.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en béton de ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate de forme support de chaussée. (Figure 3.4). [18]

Dans la chaussée rigide, la couche de surface et la couche de base confondues.

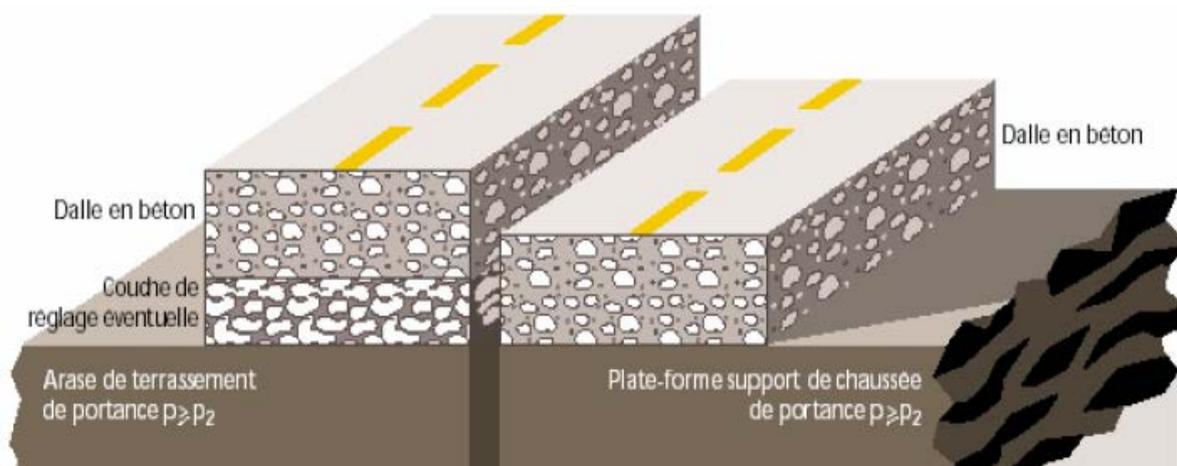


Figure 3.3 : Structure type d'une chaussée rigide [18]

5. Facteurs pour les études de dimensionnement :

5.1 Trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres [19] :

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- Le TMJA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic << poids lourds >> comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes

5.2 Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielles dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques. [9]

5.3 Le sol support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé << plate-forme support de chaussée >> constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. [9]

Les plates-formes sont définies à partir [9] :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

5.4 Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic. [9]

6. Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux types de méthodes pour le dimensionnement de corps de chaussée :

- **Les méthodes empiriques :**

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches. On peut citer : la méthode **C.B.R** (California – Bearing – Ratio) [13]

➤ Les méthodes rationnelles :

Ces méthodes se basent sur la connaissance du sol, des matériaux mis en place et du trafic envisagé.

On peut citer :

- La méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**CTTP**).
- La méthode du catalogue des structures (Catalogue des structures type neuf établis par (**SETRA**)). [13]

6.1 La méthode CBR :

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

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre S'obtient par l'application de la formule présentée ci-après. [20]

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

Avec :

$E_{\text{éq}}$: épaisseur équivalente ;

I_{cbr} : Indice CBR (sol support) ;

N : Désigne le nombre journalier de camion de plus de 1500 Kg à vide.

$$N = T_H \times \%PL$$

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

Avec:

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

P : charge par roue $p = 6.5$ t (essieu13t) ;

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E_{\text{éq}} = e_1 \times c_1 + e_2 \times c_2 + e_3 \times c_3$$

$e_1 \times c_1$: Couche de roulement ;

$e_2 \times c_2$: Couche de base ;

$e_3 \times c_3$: Couche de fondation.

Où :

c_1, c_2, c_3 : Coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : Épaisseurs réelles des couches.

Le tableau 3.1 nous donne chaque matériau utilisé son coefficient d'équivalence.

Tableau 3.1 : les valeurs des coefficients d'équivalence. [20]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Grave roulée-grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

La portance de sol est variée selon l'indice de CBR (voir tableau 3.2).

Tableau 3.2 : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR. [20]

Portance	0	1	2	3	4
CBR	< 3	3 à 6	6 à 10	10 à 20	> 20

6.2 La méthode de catalogue des structure «SETRA »:

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA». Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés. [21]

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens. [21]

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données. [21]

- Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj). [21]

6.2.1 Détermination de la classe du trafic:

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service (voir tableau 3.3).

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Tableau 3.3 : la classe du trafic poids lourd : [22]

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	$T < 3.5 \times 10^5$
T ₁	$3.5 \times 10^5 < T < 7.3 \times 10^5$
T ₂	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T ₃	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T ₄	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T ₅	$T > 4 \times 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule :

$$T_c = T_{PL} \left(1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right) 365$$

Avec :

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie.

6.2.2 Détermination de la classe du sol :

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

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau 3.4 : Classement de sol en fonction de l'indice de CBR. [20]

Classe du sol (Si)	Indice de CBR
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

6.3 Méthode du catalogue des chaussées neuves «CTTP» :

Cette méthode est basée sur des paramètres qui sont : le trafic, sol support, matériaux, et zone climatique. [21]

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

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches : [21]

- Approche théorique.
- Approche empirique.

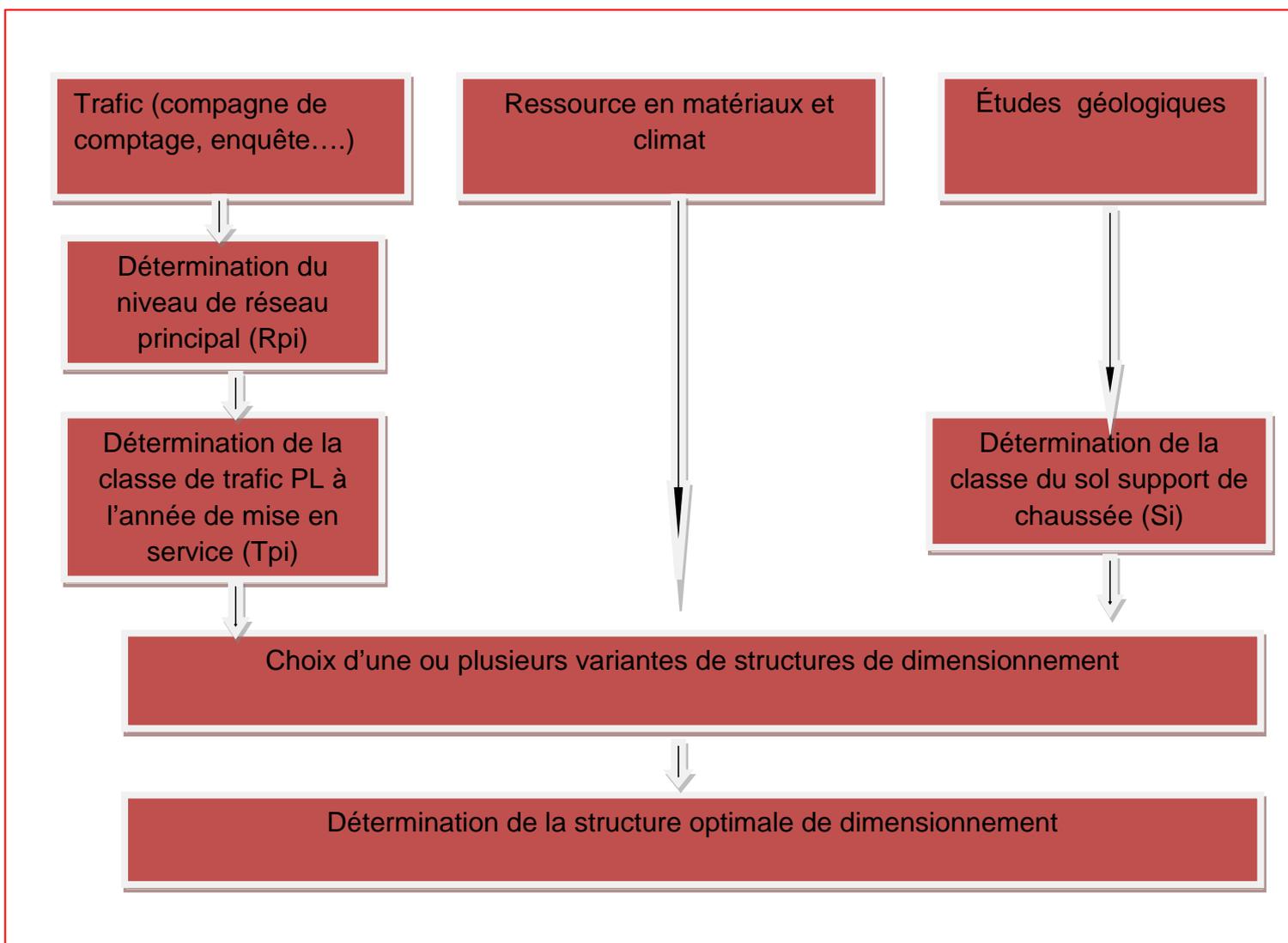


Figure 3.4 : schéma de la démarche du catalogue [21]

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

7. Application du projet :

✚ Méthode CBR :

-Les données :

$$I_{\text{CBR}} = 8$$

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

$$T_0 = TMJA_{2017} = 6760 \text{ V/J}$$

$$PL\% = 22\%$$

$$\tau = 4\%$$

$$m = 20 \text{ ans}$$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m$$

$$T_H = \frac{6760}{2} (1 + 0.04)^{20}$$

$$T_H = 7406 \text{ V/J}$$

$$N = T_H \times \%PL$$

$$N = 7406 \times 0.22$$

$$N = 1629 \text{ PL/J}$$

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

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \times \log(\frac{1269}{10}))}{8 + 5}$$

$$E_{\text{éq}} = 43 \text{ cm}$$

$$E_{\text{éq}} = e_1 c_1 + e_2 c_2 + e_3 c_3$$

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs e_1 , e_2 et on calcule l'épaisseur e_3 .

- $e_1 = 8$ cm en béton bitumineux (BB) $c_1 = 2$
- $e_2 = 15$ cm en grave bitume (GB) $c_2 = 1.4$
- $e_3 =$ épaisseur en grave concassé (GC) $c_3 = 1$

$$43 = 8(2) + 15(1.4) + 1e_3$$

$$e_3 = 6 \text{ cm}$$

Tableau 3.5 : Résultat de dimensionnement par la méthode CBR

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Épaisseur Équivalente (cm)
BB	8	2	16
GB	15	1.4	21
GC	6	1	6
TOTAL	29		43

CHAPITRE 03 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

8. CONCLUSION :

La structure de notre chaussée comporte :

- Une couche de roulement en béton bitumineux **BB** de **8 cm** ;
- Une couche de base en grave bitume **GB** de **15 cm** ;
- Une couche de fondation en **GC** de **6 cm**.

Notre corps de chaussée = 8 BB + 15GB + 6 GC

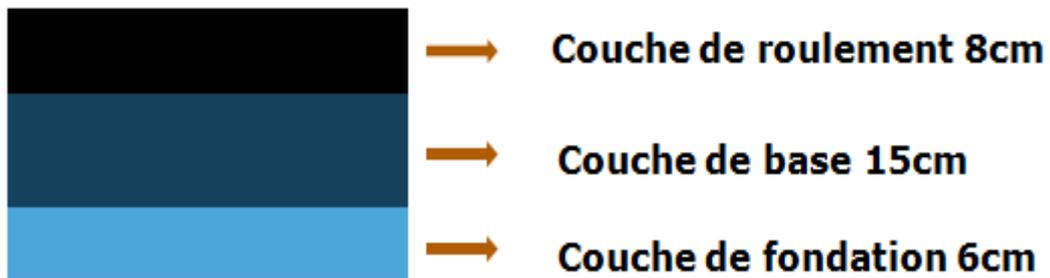


Figure 3.5 : Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.

Partie managériale

Chapitre 4 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

1. Introduction :

Un projet est une séquence d'activités uniques, complexes et connectées, avec pour but d'atteindre un objectif. Ceci doit être réalisé à l'intérieur d'un cadre temporel, d'un budget et en respect de spécifications.

Un projet routier est l'ensemble d'activités complexe qui demande des efforts importants ce qui demande une bonne gestion de projet pour le réussir.

Dans ce chapitre, on donne une vue générale sur le réseau routier, le cycle de vie du projet routier, ainsi les différents acteurs intervenant au projet routier avec ses missions. On termine par l'importance de structure WBS (Works Breakdown structure) en projet routier.

2. Réseau routier en Algérie :

L'Algérie possède aujourd'hui, parmi les pays en développement, l'un des meilleurs réseaux routiers desservant tout le pays grâce à la réalisation de plusieurs mégaprojets à l'exemple de l'autoroute Est-Ouest. Routes, voies express, autoroute Est-Ouest, de longues sections de la route Transsaharienne, ponts et viaducs au design moderne : l'Algérie a lancé, depuis voilà une dizaine d'année, de vastes chantiers à travers tout le pays avec pour objectif de rattraper le retard accusé en termes de projets routiers après des périodes difficiles pour l'économie nationale. [23]

Le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain, sa longueur est de 112039 km dont 29573 km de routes nationales et plus de 4910 ouvrages d'art réparti comme suit : [23]

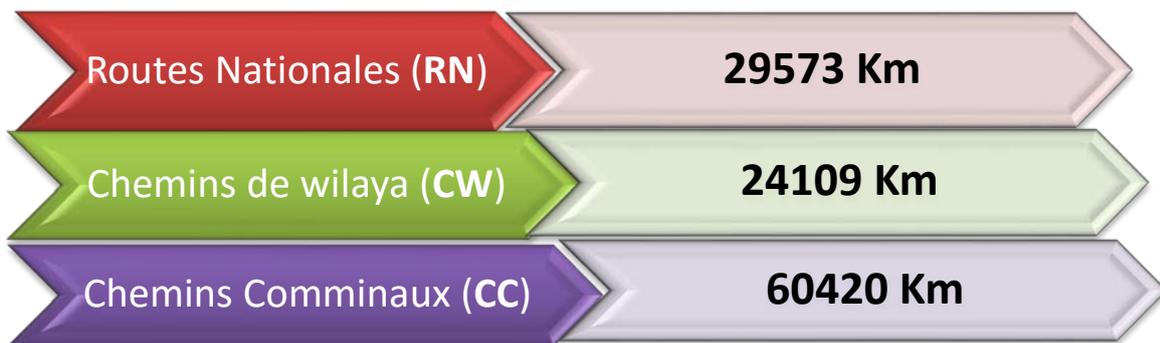


Figure 4.1 : disposition de réseau routier algérien selon MTP. [23]

2.1 Le schéma directeur routier et autoroutier : [1]

Le schéma directeur routier et autoroutier 2005-2025, visant à développer les infrastructures routières et autoroutières du pays, sera centré sur deux axes de circulation principaux : l'autoroute est-ouest, située dans le nord du pays, et la rocade

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

des hauts Plateaux. Qui suit un axe est-ouest similaire, un peu plus au sud répartie sur quatre principale phases :

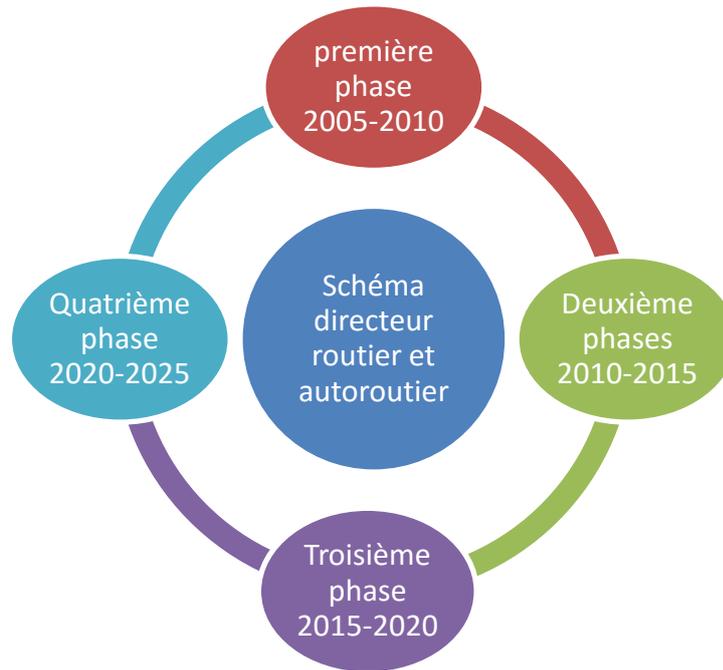


Figure 4.2 : le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025

Première phase 2005-2010 : Construction du 1^{er} réseau structurant : [23]

- Engagement du 1^{er} réseau structurant :
 - Autoroute Est-Ouest,
 - 2^{ème} rocade autoroutière d'Alger,
 - Route transsaharienne.
- Engagement de la mise à niveau aux normes internationales des infrastructures de base (conception, étude et réalisation).
- Parachèvement, construction et développement des infrastructures.
- Engagement des actions principales d'inter-modalité (Route/Rail/Aéroport/port).

Deuxième phase 2010-2015 : construction du 2^{ème} réseau structurant : [23]

- Engagement du 2^{ème} réseau routier structurant :
 - Autoroute des hauts plateaux,
 - Liaisons autoroutière reliant aux principaux centres urbains des 34 wilayas, ainsi que les aéroports et ports,
 - Pénétrantes Nord-Sud,
 - Transformation d'une partie de la transsaharienne en autoroute.
- Mise à niveau du réseau existant,
 - Poursuite du programme de développement du 1^{er} réseau structurant et consolidation et préservation du patrimoine,

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

- Engagement des systèmes d'exploitation et de péage,
- Maitrise du système d'inter-modalité.

Troisième phase 2015-2020 : Modernisation des systèmes de gestion et d'inter-modalité : [23]

- De préservation des 1^{er} et 2^{ème} réseaux structurants,
- Modernisation des systèmes gestion et d'exploitation,
- Développement des systèmes d'inter-modalité.

Quatrième phase 2020-2025 : Construction du 3^{ème} réseau structurant : [23]

- Engagement du 3^{ème} réseau structurant,
- Parachèvement du maillage prévu par le schéma directeur à l'horizon 2025.
- Préparation des conditions au lancement du futur programme projeté à l'horizon 2050.

3. Cycle de vie de projet routier :

Chaque projet se définit par son cycle de vie. Ce dernier est défini par l'organisation qui abrite le projet. Il facilite la préparation initiale du projet en définissant par défaut les phases de son déroulement.

Il passe par quatre étapes importantes : étude préalable, conception, la réalisation et clôture.

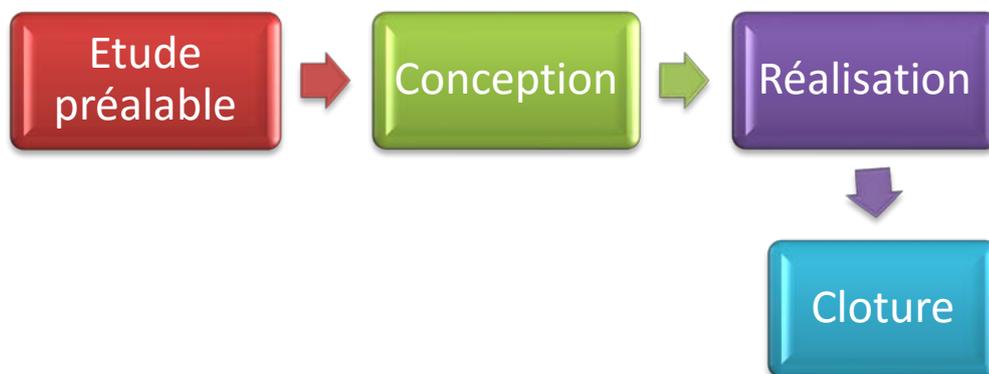


Figure 4.3 : Cycle de vie d'un projet routier

3.1 Phase (1) : Étude préalable : [24]

Cette phase vise à déterminer les besoins qui justifient l'existence du projet et la faisabilité de l'opération. Il y a lieu tout d'abord de définir la zone d'étude pertinente pour le projet routier et un recensement des contraintes sur le périmètre. Ceci permet d'identifier des couloirs privilégiés en fonction des objectifs du projet attendu au regard de l'ensemble des contraintes. L'étude préalable peut comporter trois étapes

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

et se concluent par le lancement de l'enquête publique faisabilité de l'opération. Il y a lieu tout d'abord de définir la zone d'étude pertinente.

3.2 Phase (2) : Conception : [24]

Cette deuxième phase est constituée de trois étapes :

- Avant-projet sommaire (APS) ;
- Avant-projet dirigé (APD) ;

À partir des solutions énoncées à la phase « Études préalables », plusieurs scénarios et variantes sont élaborés et analysés, pour finalement réaliser un projet qui répondra le mieux aux besoins tout en respectant les exigences du délai et du coût. Cette phase vise à concevoir la réponse la mieux appropriée aux besoins d'origine.

3.3 Phase (3) : Réalisation :

Cette phase a pour principale mission de mettre en œuvre les plans et devis et donc de réaliser la solution retenue. Elle admet deux étapes « Exécution des travaux » et « Suivi des travaux ». [24]

L'étape « Exécution des travaux » consiste à mettre en œuvre le projet routier et donc de le réaliser ; c'est l'étape de la mise en œuvre du projet sur le terrain, donc du chantier. [24]

L'entrepreneur, les prestataires de services et les fournisseurs exécutent leurs contrats dans le respect des exigences et des spécifications émises dans les plans et devis. Le maître d'ouvrage, pour sa part, s'assure de la réalisation et de la conformité des biens livrables demandés dans les documents contractuels et effectue les paiements en fonction de l'avancement des travaux réalisés. [24]

L'étape « Suivi des travaux » consiste à s'assurer de la conformité du projet et de la bonne intégration des modifications en apportant des moyens de surveillance efficaces et réguliers. Elle impose l'établissement des procédures d'exécution qui décrivent la méthodologie, les moyens et les plans de contrôle. Le but de cette étape est de mesurer et surveiller régulièrement la progression et la conformité du projet et d'assurer la bonne intégration des modifications ou changements approuvés dans le cadre du projet. [24]

Elle impose l'établissement des procédures d'exécution qui décrivent la méthodologie, les moyens et les plans de contrôle et de suivi pour l'exécution des différents travaux. [24]

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

3.4 Phase (4) : Clôture :

La phase de clôture du cycle de vie du projet routier vise à achever les activités de management du projet. Elle comprend la réalisation de toutes les activités d'administration du contrat, l'évaluation finale des équipes de projet (y compris des consultants et des entrepreneurs), la préparation des leçons apprises et la finalisation du document de clôture du projet. C'est la dernière phase du projet et elle permet d'évaluer l'adéquation de solution retenue avec les besoins d'origine. [24]

4. Les acteurs du projet routier :

Les Acteurs d'un projet routier sont les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à la réalisation d'un projet d'infrastructure routière. Tout projet, dans quelque domaine qu'il intervienne, nécessite des études successives dont les portées et les objectifs sont différents et adaptés aux problématiques propres à chaque niveau de définition. [25]

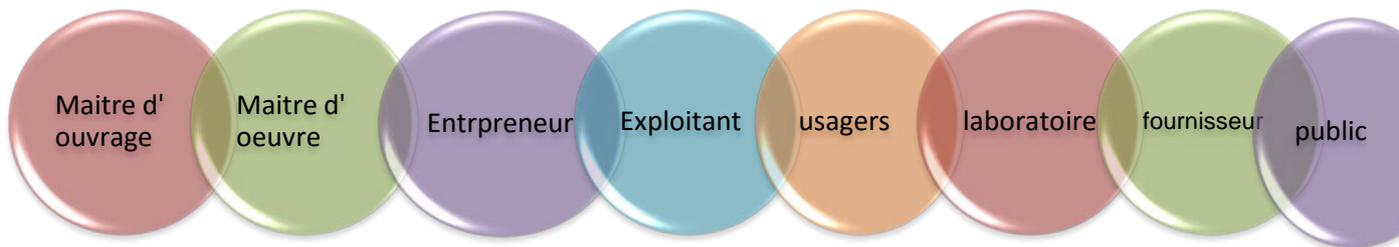


Figure 4.4 : les acteurs du projet routier

➤ Le maître d'ouvrage : [25]

Le maître d'ouvrage, que l'on appelle également « maîtrise d'ouvrage » ou MOA, est une personne physique ou morale pour laquelle un projet est mis en œuvre et réalisé.

Commanditaire du projet, c'est lui qui définit le cahier des charges et par conséquent les besoins, le budget, le calendrier prévisionnel ainsi que les objectifs à atteindre. Pour réaliser son projet, le maître d'ouvrage fait appel à un maître d'œuvre et peut par ailleurs se faire aider d'une maîtrise d'ouvrage déléguée pour le gérer au mieux. Donneur d'ordre, il suit le projet durant toute sa réalisation, il est le dernier à intervenir si besoin lors de la réception, puisqu'il en est à la fois le pilote et le propriétaire. Le terme de « maître d'ouvrage » est surtout employé dans l'univers de la construction, même s'il a tendance à s'étendre à d'autres domaines.

CHAPITRE 04 : MANAGEMENT D'UN PROJET ROUTIER

➤ **Le maitre d'œuvre : [25]**

Est la personne ou l'entité choisie par le maitre d'ouvrage pour réalisation d'un projet dans les conditions de délais, de qualité ainsi que de coûts fixés par ledit projet, le tout conformément à un contrat ou un cahier des charges. Sa mission est :

- de concevoir le projet,
- contrôler la bonne exécution des travaux,
- jouer un rôle d'interface entre le client et les entreprises chargées d'exécuter les travaux.

➤ **L'entrepreneur :**

Un entrepreneur est un chef d'entreprise qui possède les compétences et la motivation suffisantes pour créer une activité économique, se lancer sur un secteur d'activité, créer des emplois, etc. Plusieurs éléments caractérisent un entrepreneur : une implication forte dans son projet, un investissement matériel et/ou moral important, une personnalité marquée par un leadership naturel. **[25]**

➤ **Le fournisseur :**

Cette fonction se distingue de celle du sous-traitant en ce qu'elle n'assure pas directement la réalisation des travaux, mais se borne à l'exécution d'une prestation mobilière (vente de matériaux ou de matériel, mise en œuvre de procédés, transports, services...). **[26]**

➤ **L'exploitant :**

Cette fonction concerne la phase d'exploitation et de la maintenance de l'ouvrage. L'exploitant peut être le maître d'ouvrage, ou une entité séparée faisant l'objet d'un contrat spécifique avec le maître d'ouvrage. **[26]**

➤ **Usager :**

Ce sont les bénéficiaires du projet, lorsqu'il s'agit d'un ouvrage public, **[25]**

➤ **Laboratoire :**

L'étude géotechnique nécessaire dans un projet de construction pour savoir la nature de sol supporté et ceci se fait par les essais au laboratoire et in-situ,

➤ **Le public :**

C'est l'ensemble des personnes qui constituent l'environnement humain du projet. **[25]**

5. La WBS d'un projet routier :

5.1 Définition :

Dès que les livrables sont déterminés, l'ensemble du projet peut être successivement divisé en éléments de travail de plus en plus petit. Le résultat de ce processus porte le nom de structure de découpage de projet ou Works Breakdown Structure.

La WBS est une approche systémique elle consiste en un découpage technique du projet. Elle apparaît sous forme de représentation graphique du projet le découpant par niveaux successifs jusqu'au degré de détail nécessaire à une planification et un contrôle adéquats.

5.2 Les éléments de WBS :

- **Phase** : c'est le premier élément au sommet de la hiérarchie correspond à un livrable ou à un ensemble de tâches du projet.
- **Tache** : c'est un élément au bas de la hiérarchie, c'est-à-dire qui ne fait pas eux-mêmes l'objet d'une décomposition.

5.3 Les avantages de WBS :

- Structurée,
- Elle permet de visualiser l'ensemble du projet,
- D'éviter les oublis,
- de faciliter les consolidations d'information,
- d'identification des éléments du projet de plus en plus simple,
- identifier les ressources nécessaires et élaborer le budget du projet,
- définir les niveaux de responsabilités et leurs limites.

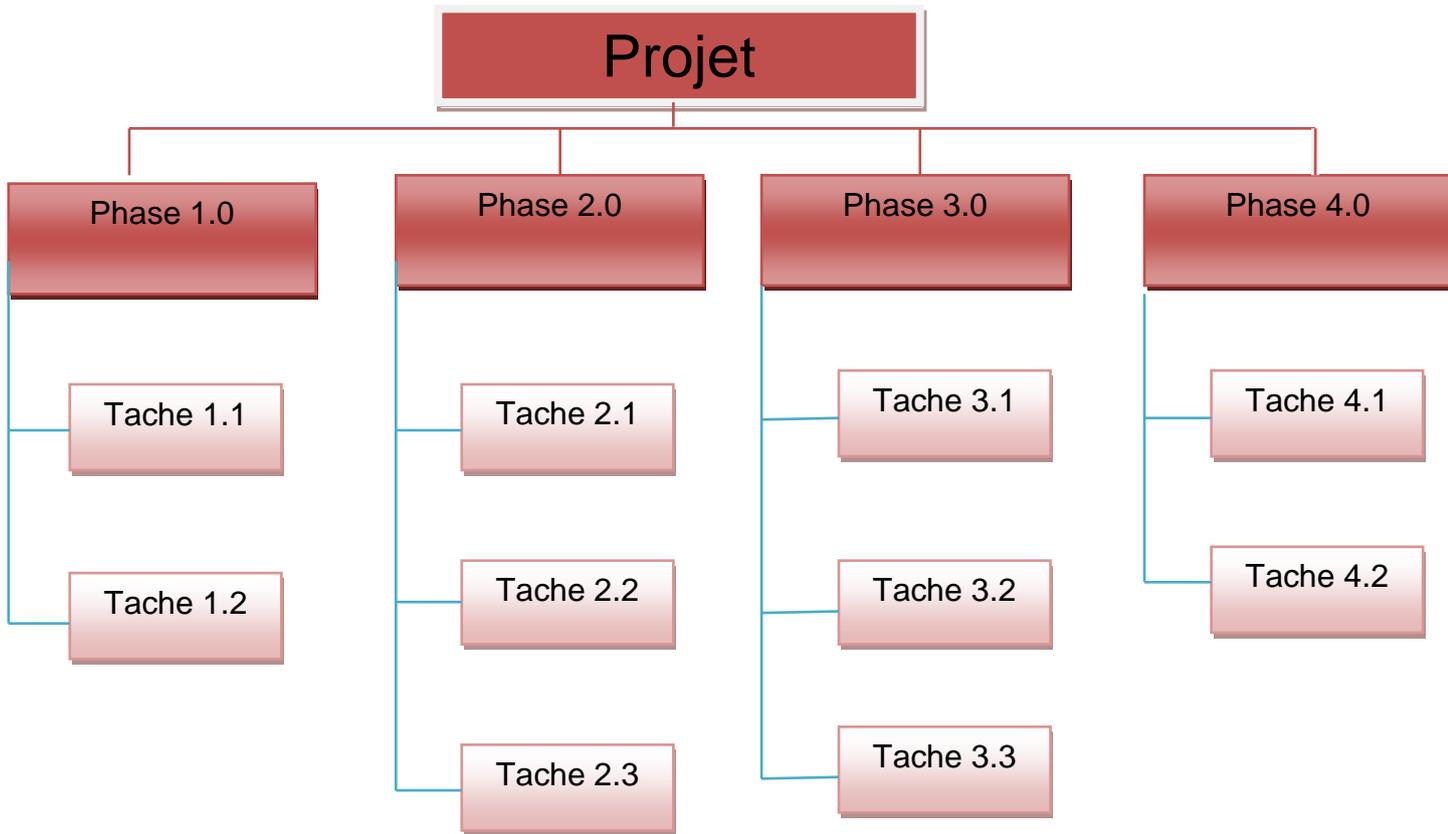


Figure 4.5 : Exemple d'un WBS

➤ **Remarque :**

La WBS de notre projet est dans l'annexe.

6. Conclusion :

Ce chapitre nous donne l'occasion de connaître les notions liées au management des projets qui apparaissent nécessaire au domaine routier en particulier et pour la vie d'ingénierie en général. [27]

On a défini le cycle de vie d'un projet et les acteurs participant avec ses rôles et ses responsabilités, on a défini aussi la structure «WBS» et on cite aussi ses avantages.

Chapitre 5 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

1. Introduction :

Les ouvrages de génie civil peuvent être soumis aux effets de phénomènes naturels ou anthropiques suivant leur fonctionnalité, leur localisation, et durant toute leur vie qui modifient plus ou moins l'état de site. [28]

Cette modification peut créer un risque et pour cela on est obligé de connaître le processus de management de risque.

Par voie de conséquence, une autre fonction s'impose «le management des risques » qu'est une fonction qui doit s'assimiler totalement dans le processus global de management des projets et qui doit s'appuyer, en général, sur un processus continu et itératif en visant successivement : [27]

- À identifier et analyser les risques encourus ;
- À les évaluer et les hiérarchiser ;
- À envisager les moyens de les maîtriser ;
- À les suivre et les contrôler ;
- À capitaliser le savoir-faire.

L'objectif de ce chapitre est de décider les risques qui peuvent affecter un projet routier, on va alors de les définir, donner sa typologie et le processus suivi pour les manager.

2. Généralité sur le risque :

2.1 Définition du risque :

Le risque est l'exposition à un danger potentiel ainsi que la mesure de ce danger. Il est défini de deux manières dans les textes de normes **ISO/CEI 73** et **ISO/CEI 51**:

- soit comme la « combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences » (ISO/CEI 73). Le risque est donc la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux.

- soit comme la « combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » (ISO/CEI 51). Le risque est alors l'espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée, pour un aléa particulier.

Le risque est donc le produit de l'aléa par la vulnérabilité. Le risque n'est donc que probable. S'il se réalise, il y a alors accident ou catastrophe. De plus, on ne parle de risque que si les dommages sont probables, c'est-à-dire s'il y a présence d'enjeux vulnérables. [27]

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Dans les études de danger réalisées pour les établissements à caractères dangereux, le risque est exprimé par « Probabilité x Gravité » alors que pour l'établissement des Plan de Préventions des Risques, technologiques ou naturels, le risque est exprimé par « Aléa x Vulnérabilité » (**Pablo, 2007**).

Concernant la définition de la norme **ISO 31000 : 2009** :

« Un risque est l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs, c'est-à-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente. Constitue donc un risque projet tout événement dont l'apparition n'est pas certaine et dont l'effet est susceptible d'affecter les objectifs du projet, dans ses périodes d'étude, de construction, et éventuellement d'exploitation ou de démantèlement. »

2.2 Définition de risque du projet :

Selon le PMBOK 2003 : « Le risque du projet correspond à un événement ou une situation dont la concrétisation, incertaine, aurait un impact positif ou négatif sur au moins un objectif du projet tel que les délais, le coût, le contenu ou la qualité (l'objectif de délais du projet étant de livrer conformément à l'échéancier convenu, l'objectif de coût du projet étant de livrer dans les limite de coût convenues, etc.). Un risque est souvent exprimé ou mesuré comme la combinaison des conséquences d'un événement (avec ses changements de circonstances) et de sa vraisemblance (ou probabilité). » **[29]**

Aléa : la probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse. **[30]**

Vulnérabilité : la vulnérabilité est la susceptibilité d'un système d'enjeux à subir des dommages sous l'action d'un danger. **[30]**

On peut conclure qu'un risque est défini et mesuré comme le produit d'un aléa par une vulnérabilité. **[31]**

Risque= Aléa x Vulnérabilité

= (Probabilité x Intensité) x Vulnérabilité

= Probabilité x (Intensité x Vulnérabilité)

= Probabilité x Gravité.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

3 Classification du risque:

La norme NF EN 50126, répartit les risques en trois classes distinctes : «**risque maîtrisé**» regroupant le risque négligeable et le risque acceptable, «**risque maîtrisable**» regroupant le risque indésirable non résiduel et enfin «**risque non maîtrisable**» regroupant le risque résiduel et le risque inacceptable. Toutefois nous définissons le risque indésirable comme une sous catégorie du risque tolérable et nous procédons de la même façon en ce qui concerne le risque inacceptable par rapport au risque résiduel (voir figure 5.1). [32]

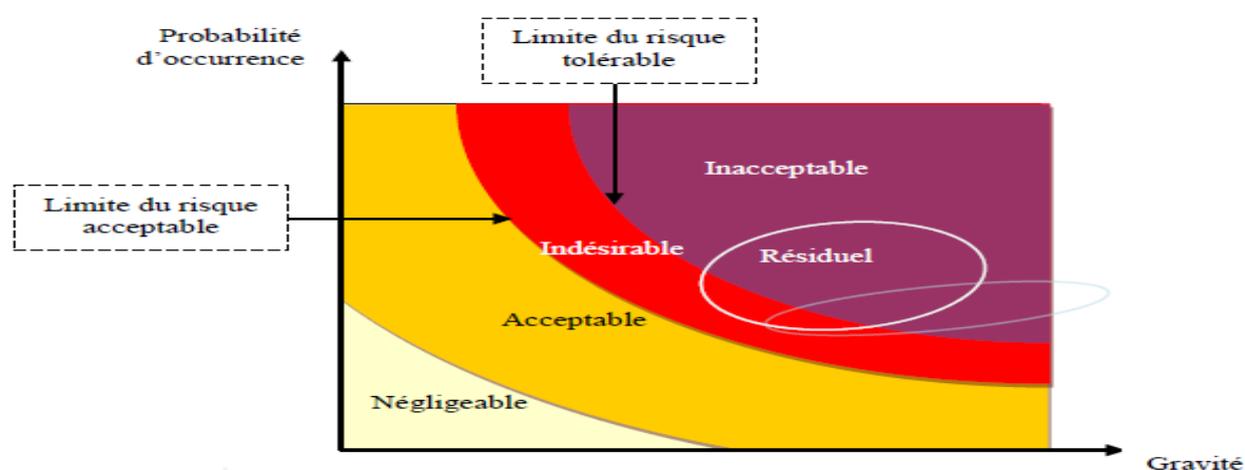


Figure 5.1 : Classification des risques [32]

- **Risque négligeable** : Un risque n'est pas pris en compte dans l'évaluation globale du risque lié à un système. [32]
- **Risque acceptable** : Un risque perçu comme insignifiant peut facilement être accepté. En d'autres termes, un accident potentiel caractérisé par une faible probabilité d'occurrence, peut facilement être accepté. En effet, nous continuons à prendre le train malgré les accidents possibles parce que la probabilité d'un déraillement ou d'une collision catastrophique est extrêmement faible. [32]
- **Risque tolérable** : est un risque non négligeable qui, dans un certain contexte, peut être accepté avec vigilance. [32]
- **Risque indésirable** : est un risque qui peut être toléré moyennant des mesures appropriées de contrôle et de suivi. [32]

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

- **Risque résiduel** : est un risque subsistant après que les différentes mesures possibles aient été prises. [32]
- **Risque inacceptable** : un risque inacceptable est un risque résiduel non tolérable. [32]

4 Classification des risques dans un projet routier :

4.1 Les risques géotechniques :

Dans un projet de construction, le risque géotechnique est l'un des risques majeur. Mal ou tardivement estimé, il a un impact sur les coûts, les délais et peut porter sur la pérennité des ouvrages. Pour cela, Les études géotechniques pour la mise au point du projet et son exécution doivent être réalisées par des missions types d'ingénierie géotechniques définie par la norme **AFNOR NF P 94 500 : 2006**. [27]

4.2 Les risques naturels :

Le risque naturel est une menace découlant de phénomènes géologiques ou atmosphériques aléatoires, qui provoquent des dommages importants sur l'homme, les biens, l'environnement. [33]

Il existe plusieurs risques naturels dans un projet routier, on cite quelques exemples :

- Glissement terrain ;
- Chute de pierres ;
- Sécheresse ;
- Tremblements de terre ;
- Éruption volcanique.

4.3 Les risques anthropogéniques :

Le risque anthropogénique est le risque engendré par l'activité humaine. C'est la menace d'un événement indésirable engendré par la défaillance accidentelle d'un système potentiellement dangereux et dont on craint les conséquences graves, immédiates comme différées, pour l'homme et (ou) son environnement. [33]

Quelques exemples sur le risque anthropogénique :

- Accidents de travail ;
- Explosifs / mines en temps de guerre ;
- Grève.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

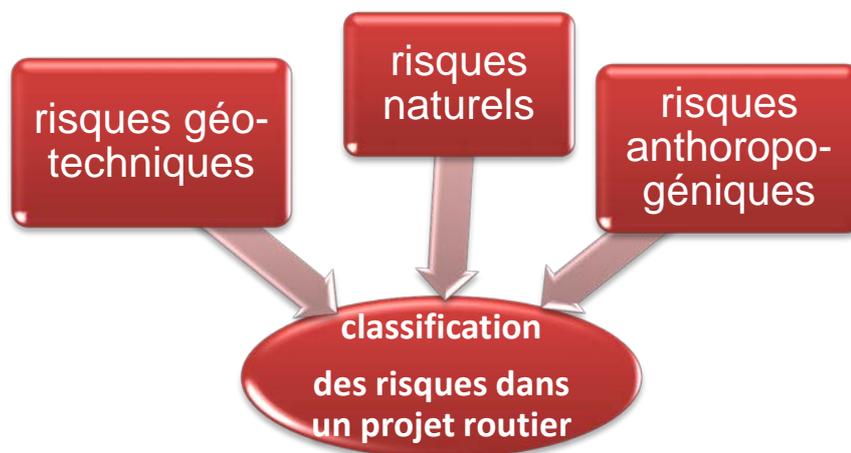


Figure 5.2 Classifications des risques dans un projet routier

5 La gestion des risques :

5.1 Qu'est-ce que la gestion des risques :

La gestion des risques est un élément central de toute organisation de la gestion stratégique. Il est le processus par lequel des organisations répondront méthodiquement aux risques liés à leurs activités dans le but d'obtenir des avantages dans chaque activité et dans l'ensemble du portefeuille de toutes les activités. [33]

L'ensemble le plus commun de processus inclurait l'identification des risques, analyse, l'évaluation, et le traitement (Voir la figure 5.3)



Figure 5.3 : Processus de gestion des risques

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

5.1.1 Identification des risques :

Le processus d'identification des risques consiste à identifier, définir et décrire les risques ou les événements risqués dans le contexte particulier d'un projet, et ce, sur l'ensemble du cycle de vie du projet.

Le processus d'identification des risques permet d'élaborer une liste de risques qui pourraient avoir un impact négatif (menace) ou positif (opportunité) sur l'atteinte des objectifs du projet. Les risques sont identifiés à partir des hypothèses émises au préalable, des plans et devis et du jugement d'experts.

5.1.2 Analyse des risques:

Cette étape consiste à comprendre le mécanisme de risque. Il s'agit de modéliser les causes et les conséquences d'un événement ayant un impact sur les objectifs, autrement dit **[28]** :

- Déterminer qualitativement et quantitativement la vraisemblance du risque. **[34]**
- Déterminer la gravité du risque et l'ampleur des conséquences possible. **[34]**

5.1.3 Évaluation des risques :

Cette partie vise à estimer les risques et comparer leur niveau lors de la simulation des scénarios des risques avec les critères de risque. **[31]**

Si le niveau de risque ne satisfait pas les critères d'acceptabilité, il convient que le risque fasse l'objet d'un traitement. L'objet de l'étape d'évaluation est de prendre des décisions sur les risques qui doivent être traités selon les résultats de l'étape précédente. **[31]**

L'évaluation des risques est une procédure de classification de l'acceptabilité de ces risques en fonction des fréquences d'occurrence, gravités, expositions, etc. **[32]**

On définit le terme «criticité» comme la valeur de risque qui s'exprime par la multiplication de la gravité et la probabilité de survenance de ce risque.

$$\text{Criticité} = P \times G$$

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Le tableau 5.1 : Criticité et acceptabilité des risques. (Afnor, 2004) [13]

probabilité gravité	Improbable 1	Très Peu Probable 2	Probable 3	Fortement Probable 4
Négligeable 1	1	2	3	4
Significative 2	2	4	6	8
Majeure 3	3	6	9	12
Catastrophique 4	4	8	12	16

5.1.4 Le traitement :

Le management des risques consiste également à les traiter, c'est-à-dire définir et mettre en œuvre les dispositions appropriées pour les ramener à un niveau acceptable et les rendre ainsi plus supportables dans le cadre du projet. Cela nécessite donc de définir des réponses types et de mettre en œuvre, risque par risque, un certain nombre d'actions visant : soit à supprimer ses causes, soit à transférer (ou partager sa responsabilité ou le coût du dommage à un tiers), soit à réduire sa criticité (en diminuant sa probabilité d'apparition ou en limitant la gravité de ses conséquences), soit à accepter le risque tout en le surveillant. [35]

6 Étude de notre cas :

6.1 Présentation du projet :

Dans cette partie, on va traiter un cas pratique d'un projet routier dans l'échantillon est un raccordement sur 2KM auprès des deux ouvrages d'art sur oued khabaza au PK 255km de la RN°06 wilaya Naama.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

6.2 Cycle de vie de notre projet :

Chaque projet se caractérise par son cycle de vie qui est une chaîne des étapes dans le temps bien définies. Ces phases sont : Étude préalable, Conception, réalisation et Clôture de projet. Chacune de ces phases est composée en plusieurs étapes (figure 5.4).

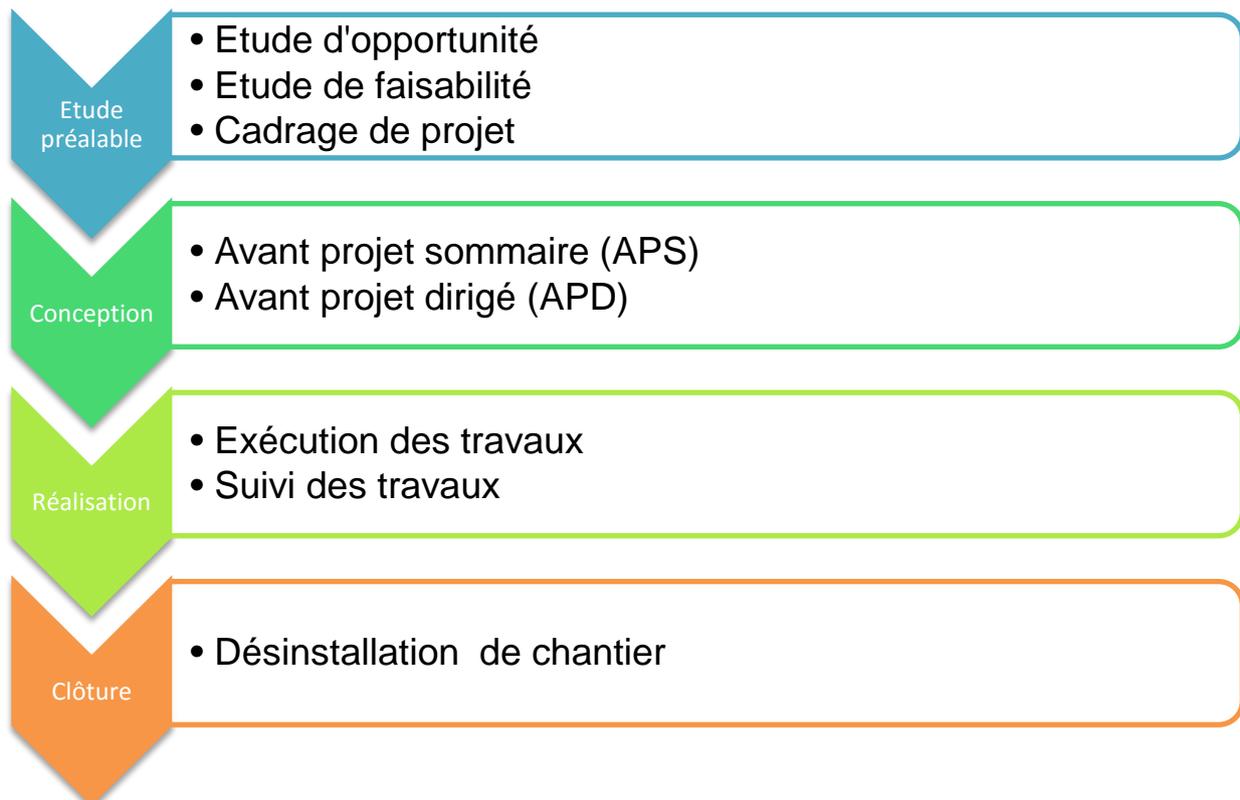


Figure 5.4 : Cycle de vie de notre projet

6.3 Les principaux acteurs du projet :

La figure 5.5 et le Tableau 5.2 représentent les différents acteurs de notre projet avec la relation entre eux, chaque acteur a son rôle dans le projet : soit planifier, suivre, construire,.....etc.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

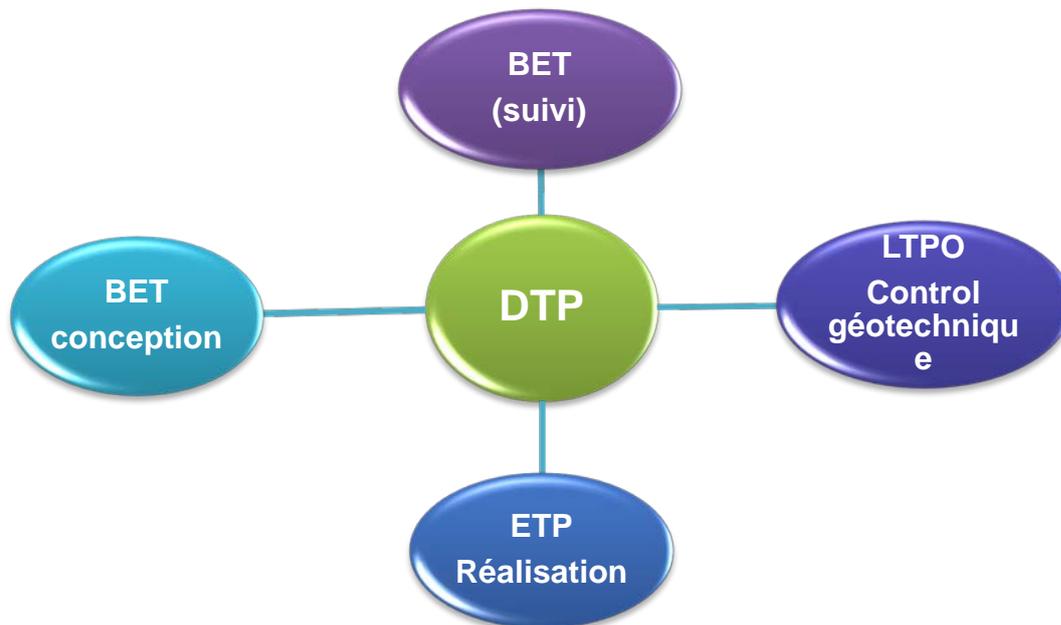


Figure 5.5 : Les acteurs de notre projet

Tableau 5.2 : les principaux intervenants de notre projet et leurs responsabilités.

	acteurs	responsabilité
Projet Routier	BET : ANTAR	La conception, étude, et le suivi
	ETP : MILOUDI	La réalisation
	LTPO : DE NAAMA	Contrôle Géotechnique

6.4 Type de contrat du projet :

Le type de contrat qui est élaboré dans notre projet est un contra traditionnel, il est représenté dans la figure 5.6

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

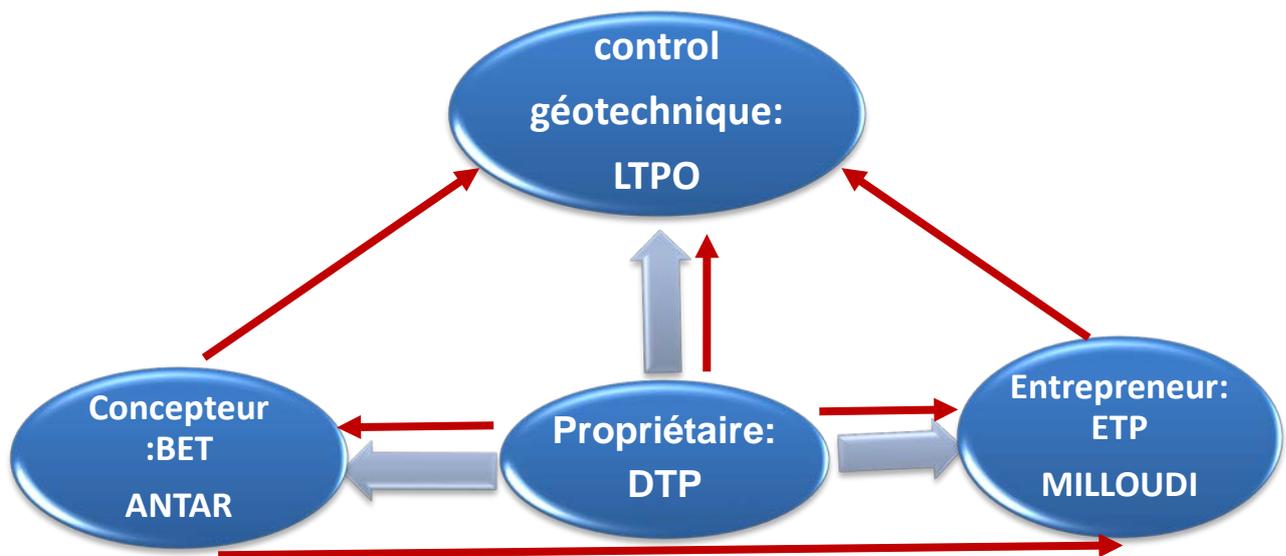


Figure 5.6 : Système traditionnel



Le propriétaire signe un contrat avec le BET et un autre avec l'entrepreneur.

6.5 Le management de cout et délai du projet :

6.5.1 Calcul du délai de projet :

D'après le planning effectué à l'aide du logiciel MS Project, la durée estimée du notre projet est : **309 jours**

-Étude préalable : **90 jours.**

-Conception : **40 jours.**

-Réalisation : **175 jours.**

-Clôture de projet : **4 jours.**

➤ Remarque :

Voir le planning de MS-Project dans l'annexe.

6.5.2 Cout de projet :

D'après la consultation des services marché de la part de DTP de wilaya de Naama et BET ANTAR, le montant général de notre projet (TTC) est : **125 500 000.00 DA**

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

6.6 Classification des risques :

Dans cette partie, on classifie les risques en deux groupes : risques internes et risques externes (voir tableau 5.3).

-Pour les risques internes, on distingue deux types de risques selon sa nature : Risques conceptuelle et de réalisation, on cite sept risque ; Risques liés aux intervenants principaux, on cite quatre risques.

-Pour les risques externes, on distingue quatre types de risques selon sa nature : Risques technologiques, on cite deux risques ; Risques environnementaux, on cite cinq risques ; Risques économiques, on cite trois risques ; Risques politiques, on cite deux risques.

Tableau 5.3 : classification des risques dans notre projet

	Nature de risque	risque	P	G	C
RISQUE INTERNE	RISQUE CONCEPTUEL ET DE REALISATION	Conception inadaptée.	3	1	3
		Accidents du travail.	3	3	9
		Inadéquation entre la conception et la réalisation.	1	3	3
		Risque de riverain lors de passage.	1	1	1
		Problème de qualité des matériaux.	2	2	4
		Indisponibilité des matériaux.	1	3	3
		Retard dans l'approvisionnement.	2	2	4
	RISQUE LIE AUX INTERVENANTS PRINCIPAUX	Risques contractuels.	1	3	3
		Risques relationnelles.	1	2	2
		Changement du programme.	2	2	4
Mauvaise communication.		2	2	4	
RISQUE EXTERNE	TECHNOLOGIQUES	Manque de technologie.	1	2	2
		Mauvaise manipulation de matériaux.	1	3	3
	ENVIRONNEMENTAUX	Inondation.	4	4	16
		Séisme.	1	4	4
		Glissement de terrain.	4	3	12
		Expropriation.	3	2	6
		Grève des ouvriers.	1	3	3
	ECONOMIQUES	Variation de taux d'intérêt, crédit.	1	3	3
		Inflation sur les prix des matériaux.	2	3	6
		Crise économique.	3	3	9
	POLITIQUE	Instabilité politique.	2	2	4
		Décision politique.	2	4	8

Le tableau suivant (tableau 5.4) représente les risques majeurs intervenants dans notre projet, on les à hiérarchisés selon leur criticité.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Tableau 5.4 : hiérarchisation des risques principaux selon leur criticité.

N	Risque	probabilité	gravité	Criticité
1	Inondation	4	4	16
2	Glissement de terrain.	4	3	12
3	Crise économique.	3	3	9
4	Accidents du travail	3	3	9
5	Décision politique.	2	4	8
6	Mauvaise manipulation de matériaux.	2	3	6
7	Inflation sur les prix des matériaux.	3	2	6

5.6.1 Matrice des risques :

À l'aide de matrice des risques, on peut estimer les risques de notre projet si ils sont acceptables ou non acceptables (voir la figure 5.7)

probabilité	Fortement probable 4			R2	R1
	probable 3		R7	R3-R4	
	Très peu probable 2			R6	R5
	Improbable 1				
		Négligeable 1	Significative 2	Majeure 3	Catastrophique 4
		gravite			

Figure 5.7 : La matrice des risques étudiés.

Risque limité : vert $1 \leq \text{Criticité} \leq 3$

On le considère comme un risque acceptable.
On ne fait rien comme action.

Risque modéré : jaune $4 \leq \text{Criticité} \leq 6$

On le considère comme un risque acceptable néanmoins un traitement du risque peut être nécessaire a long terme
On ne fait rien comme action sauf que les contrôles soit efficaces.

CHAPITRE 05 : MANAGEMENT DES RISQUES D'UN PROJET ROUTIER

Risque signification : orange $8 \leq \text{Criticité} \leq 9$

On ne l'accepte pas mais il est nécessaire de traiter dans des délais raisonnables.

Risque critique : rouge $12 \leq \text{Criticité} \leq 16$

On ne l'accepte pas mais il est nécessaire de traiter dès que possible

5.6.2 Traitement des risques :

Selon la matrice de criticité, on trouve deux risques inacceptables, donc on est obligé de traiter suivant le processus approprié.

Risque	Stratégie de réponse	Traitement de risque
1. Glissement de terrain	Traiter	<ul style="list-style-type: none">- Faire les études géotechniques préalables.- Construire des ouvrages de soutènement (mur de soutènement).- Végétalisation.
2. Inondation	Transférer	<ul style="list-style-type: none">- Transférer le risque à l'état (assurance)

7. Conclusion :

Tous les projets routiers sont sujets à des différents risques tout au long de leur cycle de vie.

Dans ce chapitre, on a essayé d'améliorer une démarche afin de gérer un projet réel, ce dernier nous prouve qu'un manager de projet prend en compte les tâches et le plan de gestion des risques pour arriver au but de sa mission de pilotage.

Pour la réalisation de projet routier, on doit classer les risques en deux groupes : des risques acceptables et des risques inacceptables, et par conséquent on les gère par des moyens : les transférer, les partager, ou les éviter carrément.

CONCLUSION GENERALE

Le projet de fin d'étude est un travail qui nous aide à appliquer les connaissances et formations au cours de notre cursus dans un cas d'étude pratique qu'on trouve dans le milieu professionnel.

Pour notre cas, le projet de fin d'étude nous a permis d'appréhender les problèmes qui se posent dans l'étude et la réalisation des infrastructures routières.

Tout ouvrage digne de ce nom, une grande route moderne, doit être réalisé de façon à donner à l'utilisateur l'impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté.

Autrement dit, l'étude de la route touche trois points essentiels : la conception, l'économie et l'esthétique.

Ce modeste travail nous a permis de mieux maîtriser l'outil informatique tel que les logiciels : **AUTOCAD et MS-PROJECT**.

Pour la partie technique, on a commencé par une étude de trafic qui a donné comme résultats, un profil de **2x2 voies** pour un **TMJA de 14812 à l'année 2037**

Puis on a enchaîné par la géométrie de la route, et d'après les calculs trouvés, nous avons conclu que :

Le rayon horizontal **RH_n** est de **375m ≈ 446m**

Le rayon vertical minimal en angle rentrant est de **4200m**

Une chaussée bidirectionnelle (**2x2**) voies de **3.5m** chacune: **(2x2x3.5)=14m**

En fin pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé la méthode CBR, et d'après les calculs, notre structure est composée de : **8BB+15GB+6GC**

Pour la partie managériale, nous avons élaboré le diagramme de Gantt à l'aide du logiciel MS-PROJECT en déterminant le coût global et le délai de notre projet. Après, nous avons estimé plusieurs risques qui ont une influence sur le délai, le coût et la performance du projet, puis on les hiérarchise selon leur criticité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/09/monographie-de-la-wilayade-Naama.html> .Consulté le 15/01/2017.
- [2] : GOOGLE EARTH. Consulté le 17/01/2016.
- [3] : Roger, C (1969). Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris. p258.
- [4] : B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux Publics, octobre1977.
- [5] : MADOURI, Y., ZAROUALI, A. Étude technique d'un tronçon d'une route évitement de la ville sfisef sur 7 KM, mémoire de master 2 de génie civil, soutenue en 2013.
- [6] : KRIM Mustapha. Étude de dédoublement routière de la RN47 sur 08km entre la ville d'ELBAYADH et centre universitaire, mémoire de master 2 de génie civil, soutenue en 2014.
- [7] : Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon : ELEAS, 1997. pp35-221.
- [8] : Direction des travaux publics wilaya Naama (DTP).
- [9] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagneux, 1998.p297.
- [10] : BOUGRID, A., & TOUATI, A. (2008). Étude de dédoublement de la RN 12 sur 13 Km entre El Kseur et Oued Ghir. Ecole Nationale des travaux publics, Alegria.
- [11] : CHABANE, A. & SOUAB, N. (2015). Étude technique et managériale d'un projet raccordement routier. Tlemcen, Département de Génie civil, Algérie.
- [12] : KALLI, F.Z. (2014). Cours de route. Alger, École Nationale Supérieure des Travaux Publics, Algérie.
- [13] : DJELAS, G. & DOUIDI, Y. (2016). Étude technique d'un raccordement routier relié les deux localités Oujlida à Boujlida sur 1, Km. Département de Génie civil, Tlemcen, Algérie.
- [14] : E.N.T.P.E. (2003). Projet de routes. Département de transport et génie civil, France.

BIBLIOGRAPHIE

[15] : BERRAHOU, I. & DERFOUF, Y. (2016). Étude technique et Étude managériale d'un projet routier <<Évitement de la RN7-A- du PK 50+300 jusqu'à Marsa Ben M'Hidi sur 5 km>>. Tlemcen, Département de Génie civil, Algérie.

[16] : FODIL A. et MOSTEFAI F., Étude dédoublement de la RN101 entre SIDI BEL ABBES et AIN TEMOUCHENT sur une longueur de 10 Km., Mémoire de Master soutenue en 2013 université Tlemcen. Algérie P20.

[17] : SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'équipement des transports et du tourisme, 1994.

[18] : Chapitre 2 caractéristique générales des chaussées. Cours-routes-procedes-généraux-de-construction.pdf (protège).

[19] : BABILOTTE, C. & SOULIE, C. Dimensionnement des structures de chaussées communautaires du Grand LYON : Guide technique communautaire. Parution initiale en 1994.

[20] : CHETIOUI, B., & BELHADJI, F. (2008). Étude en APD de dédoublement de la RN90A sur 7,4 Km tronçon Mostaganem CW 24 avec aménagement de carrefour. École National des travaux publics, Algérie.

[21] : LCPC- SETRA. Guide technique ; dimensionnement des chaussées. 2009. P63.

[22] : G, JOEFFROY. & R, SAUTREY. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'École Nationale des Ponts et chaussées, 1991. P244.

[23] : Ministère de travaux publique, Algérie, consulté le 18-02-2017

[24] : LAKERMI, A. (2003). Management des risques géotechnique dans un projet routier par la méthode AMDEC et MADS-MOSAR : cas de la bretelle principale <<A>> de l'échangeur de la RN02. Tlemcen, Département de Génie Civil, Algérie.

[25] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Acteurs_d%27un_projet_routier.

[26] : <https://developpementdurable.revues.org/6283>.

[27] : DERFOUF, y et BERRAHOU, I. (2016). Étude technique et Étude managériale d'un projet routier <<Évitement de la RN7-duPK50+300 jusqu'à Marsa Ben M'Hidi sur 5 km>>

[28] : CHARKI, S et HEMAHI, M, R. (2014). Management des risques géotechniques par la méthode «AMDEC» dans l'aménagement urbain et la construction : du PDAU au projet bâtiment.

BIBLIOGRAPHIE

[29] : AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2004 : Guide du corpus des connaissances en management de projet, PMBOK Troisième édition, ANSI/PMI 99-001-2004

[30] : ZABAT, A. (2013). Management des risques dans un projet de trémie méthode MADS-MOSAR. Tlemcen, Département de Génie civil, Algérie.

[31] : CHABANE, A. & SOUAB, N. (2015). Étude technique et managériale d'un projet raccordement routier. Tlemcen, Département de Génie civil, Algérie.

[32] : MAZOUNLI, M. H. (2008). Pour une meilleure approche du management des risques : de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision. Nancy, Institut National Polytechnique de Lorraine, France.

[33] : FELLAHI, W. (2012). Caractérisation et résilience des risques géotechniques dans un projet routier. Tlemcen, Département de Génie civil, Algérie.

[34] : LAKERMI, A. (2013). Management des risques géotechniques dans un projet routier par la méthode AMDEC et MADS-MOSAR ; cas de la bretelle principale «A» de l'échangeur de la RN02.

[35] : MELLAL, L. (2009). Le management de projet par le management des risques : propositions méthodologiques. Université de Batna, laboratoire de recherche en prévention industrielle.

ANNEXE

WBS
PROJET ROUTIER NAAMA (PK 255KM
RN°06)

