



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عبدالحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



Département de Génie Civil & Architecture

N° d'ordre : M...../GCA/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux publics

Option : Voies et ouvrages d'arts

Thème

**Etude géométrique et géotechnique du 2^{ème} boulevard
périphérique de Mostaganem du
«PK 1+775 au PK 3+250»**

Présenté par :

1. *M^{elle} : Mostefa Fatiha*
2. *M^{elle} : Mostefa Fatima*

Soutenu le 09/07/ 2019 devant le jury composé de :

Président : *Mme. BELAS Nadia* *professeur UMAB- Mostaganem*
Examineur: *Mr. ROUAM SERIK Mohamed* *MAA* *UMAB- Mostaganem*
Encadreur : *Mr. BOUHAMOU Nasr-Eddine* *professeur UMAB- Mostaganem*

Année Universitaire : 2018 / 2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Toute notre parfaite gratitude, grâce et remerciement sont à Allah le plus puissant, clément et Miséricordieux qui nous a donné la force, le courage et la volonté d'élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et une considération particulière que nous remercions notre promoteur Pr. BOUHAMOU Naser-Eddine pour nous avoir encadré et notamment sa disponibilité de tous les instants ainsi que ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Nos remerciements s'adressent également :

A tous nos enseignants durant toutes les étapes de notre parcours scolaire qui nous a enrichi nos connaissances et notre savoir.

Nous n'oublierons pas les membres du jury Mr. ROUAM Serik Mohamed et Mme BELAS Nadia qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

A tous ceux qui nous ont assistés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Fatima et Fatiha

DEDICACE

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur
Qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime
Et qu'on remercie en exprimant La gratitude
Et la reconnaissance durant toute notre existence.*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents, mes familles et mes proches surtout

Toutes les personnes qui m'ont soutenues et crus

En moi lors de mon parcours

Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin,

Je le dédie aussi à :

Sanae, Fatima, Med hadar, Ahmed, Mokhtar,

Chouchou, Sara, Soumia, Khaled, Didi, Kaouther,

Fatima, Nawal, Faiza, Iman, Chaima.

Toute ma promotion 2019.

FATIHA



DEDICACE

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur
Qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime
Et qu'on remercie en exprimant La gratitude
Et la reconnaissance durant toute notre existence.*

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents, mes familles et mon mari sidouti et
mes proches surtout*

*Toutes les personnes qui m'ont soutenues et crus
En moi lors de mon parcours*

*A mon promoteur BOUHAMOU Nasr-Eddine, sans
oublier mon binôme MOSTEFA Fatiha.*

*Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin,
Toute ma promotion 2019.*

FATIMA



Sommaire

Résumé

Introduction générale01

Problématique02

Partie I : Etude Bibliographique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem.

Chapitre I : Les rocades dans le Monde et Algérie

I. 1. Introduction04

I. 2. Les rocades dans le monde04

I. 3. Les rocades dans Algérie07

Chapitre II : Impact sur l'environnement

II. 1. Introduction10

II. 2. Aspect de l'environnement à préserver lors de la conception d'une infrastructure10

Chapitre III : Etude du trafic

III. 1. Introduction14

III. 2. Analyse de trafic14

Partie II : Etude Géométrique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem

Chapitre I : Présentation du projet

I. 1. Présentation de la wilaya18

I. 2. Présentation du projet20

Chapitre II : Caractéristique géométrique des routes

II. 1. Introduction22

II. 2. Classification Des Routes22

II. 3. Classification fonctionnelle23

Phase APS

Chapitre III : Etude des variantes

III. 1. Tracé en plan26

A. Définition	26
B. Règles générales du tracé en plan	26
C. Les éléments de tracé en plan	27
D. Paramètres fondamentaux d'un tracé routier	28
E. Courbes en plan	32
F. Détermination des rayons	33
G. Pourcentage Alignement Droit	34
H. Cubatures Approchées	34
III. 2. Etude de la variante 1	38
1) Coordonnées des sommets	38
2) Détermination de l'environnement de la route	38
3) Choix des rayons	41
4) Détermination des éléments des Raccordements	42
5) Cubatures Approchées	42
III. 3. Etude de la variante 2	45
1) Coordonnées des sommets	45
2) Détermination de l'environnement de la route	45
3) Détermination des éléments des Raccordements	48
4) Cubatures Approchées	49
IV. 4. Choix de la variante	51

Phase APD

Etude de la variante choisie

Chapitre IV : profil en long

IV. 1. Introduction	53
IV. 2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	53
IV. 3. Eléments de composition du profil en long	
IV. 4. Coordination du trace en plan et profil en Long	54
IV. 5. Déclivités	55
IV. 6. Raccordements en profil en long	56
IV. 7. Calcul du profil en long	58
IV. 8. Application sur la variante choisie	66

Chapitre V : les paramètres cinématique

V. 1. Définition	72
V. 2. Distance minimale de freinage	72
V. 3. Distance d'arrêt en alignement droit (d1)	73
V. 4. Distance d'arrêt en courbes (d2)	73

V. 5. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	73
V. 6. Distance de sécurité entre véhicules	74
V. 7. Application au projet	74

Chapitre VI : Etude de trafic

VI. 1. Introduction	76
VI. 2. Calcul de la capacité	76
VI. 3. Application au projet	80

Chapitre VII : profil en travers

VII. 1. Définition	82
VII. 2. Types de profils en travers	82
VII. 3. Eléments de composition du profil en travers	83
VII. 4. Application au projet	85

Chapitre VIII : dimensionnement de corps de chaussée

VIII. 1. Introduction	86
VIII. 2. Constitution et rôle d'une chaussée	86
VIII. 3. Différents types de chaussée	88
VIII. 4. Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées	90
VIII. 5. Méthode de dimensionnement des chaussées souples	91
VIII. 6. Application au projet	92

Chapitre IX : cubature

IX. 1. Introduction	95
IX. 2. Cubatures des terrassements	95
IX. 3. Méthode de calcul	95
IX. 4. Epure de LALANNE	97
IX. 5. Mouvement des terres	99
IX. 6. Résultats du calcul de la cubature	100

Chapitre X : implantation

X. 1. Définition	103
X. 2. Implantation planimétrique des sommets des alignements	103
X. 3. Implantation de courbes	104
X. 4. Application au projet	105

Chapitre XI : signalisation

XI. 1. Introduction	110
XI. 2. Objectif de la signalisation routière	110
XI. 3. Critères à respecter pour les signalisations	110
XI. 4. Catégories de signalisation	110

XI. 5. Types de signalisation	110
XI. 6. Caractéristiques générales des marques	113
XI. 7. Application au projet	114

Chapitre XII : impact sur l'environnement

XII. 1. Introduction	118
XII. 2. Evaluation des impacts du projet sur l'environnement	119
XII. 3. Evolution spatio-temporelle et l'efficacité des mesures envisagées	119
XII. 4. Mesures de compensation des effets dommageables sur l'environnement	120
XII. 5. Choix des essences et techniques de végétalisation	122
XII. 6. Bilan environnementale	123
XII. 7. Conclusion	124

Partie III : Etude Géotechnique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem.

Chapitre I : Méthodes d'essais

I. 1. Historique	125
I. 2. Essais physiques	128
I. 3. Essais mécaniques	141
I. 4. Essais chimiques	145
I. 5. Résultat	145

Devis quantitatif et estimatif	147
---	------------

Conclusion générale	150
----------------------------------	------------

Bibliographique

Annexes

RESUME

D'une manière générale, La présence d'une route joue un rôle prédominant et permet la mobilité des personnes et des biens, les découvertes, l'amélioration d'équilibre entre l'offre et la demande, la création de nouvelles activités.

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un tronçon du deuxième boulevard périphérique de Mostaganem (entre les Sablettes, Mazagan et le carrefour giratoire urgence (du PK 1+775 au PK 3+250) et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier.

Nous avons introduit le long des deux tracés des courbes de raccordement, respectant les normes imposées par le B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale. D'autre part nous avons évité au maximum les contraintes existantes à savoir la fibre optique, les arbres, les propriétés privées.... Ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

L'étude technique des différentes variantes a abouti à l'adoption d'un tracé de 1.5 km de deux (2) voies avec un gabarit de la chaussée 2x3.5 m avec des accotements de 2.4 m

Mot clé :

Géométrie, Géotechnique, Rocade, boulevard périphérique,

Liste des tableaux

Partie II : Etude géométrique du 2ème boulevard périphérique de Mostaganem.

Phase APS

Chapitre III : Etude des variantes

Tableau III.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne	30
Tableau III.2 : Classification de la sinuosité	30
Tableau III.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité	31
Tableau III.4 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40	31
Tableau III.5 : Coordonnées définissant l'axe de 'la variante 1'	38
Tableau III.6 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante1"	38
Tableau III.7 : Dénivelée cumulée "Variante 1"	38
Tableau III.8 : Rayon en plan "variante 1"	41
Tableau III.9 : Eléments des raccordements circulaires "variante 1"	42
Tableau III. 10 : Cubatures approchées	42
Tableau III.11 : Coordonnées définissant l'axe de 'la variante 2'	45
Tableau III.12 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante2"	45
Tableau III.13 : Dénivelée cumulée "Variante 2"	45
Tableau III.14 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2"	48
Tableau III.15 : Cubature approchée de la variante 2	49
Tableau III.16 : Comparaison entre les deux variantes	51

Phase APD

Chapitre IV : profil en long

Tableau IV.1 : Valeur de la déclivité maximale	55
Tableau IV.2 : Rayon Convexes (angle saillant)	57
Tableau IV. 3 : Rayon Concave (angle rentrant)	58

Tableau IV. 4 : Valeurs de tangente et la flèche	60
Tableau IV.5 : Coordonnées des sommes de la variante 2	61
Tableau IV.6 : Valeurs des devers en fonction de la catégorie	65
Tableau IV.7 : Valeur du coefficient transversal "ft"	65
Tableau IV.8 : Valeurs du coefficient "F" « variante 01 »	66
Tableau IV.9 : Longueur de la Clothoïde« L »	68
Tableau IV.10 : Eléments de la clothoïde de la varaité choisi	68
Tableau IV.11 : Variation de devers pour le rayon 450m	70
Tableau IV.12 : Variation de devers pour le rayon 600m	71

Chapitre V : Paramètres cinématique

Tableau V .1 : Coefficient de frottement longitudinal selon le B-40	72
Tableau V.2 : Distance de visibilité, de manœuvre et de dépassement	74

Chapitre VI : Etude de trafic

Tableau VI.1 : Coefficient d'équivalence 'P'	77
Tableau VI.2 : Valeurs de K1	78
Tableau VI.3 : Valeurs de K2	79
Tableau VI.4 : Valeurs de C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable ..	79
Tableau VI.5 1 : Résultats de calcul trafic	81

Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

Tableau IIIV.1 : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau	92
Tableau IIIV. 2 : Corps de Chaussée Matériaux et épaisseur	94

Chapitre IX : Cubature et mouvement des terres

Tableau IX .1 : calcul de cubature APD « variante choisis »	100
--	------------

Chapitre X : Implantation

Tableau X.1 : Eléments d'implantation clothoïde « 01 »	106
Tableau X.2 : Eléments d'implantation cercle « 01 »	107

Tableau X.3 : Eléments d'implantation clothoïde « 02 »108

Tableau X.4 : 2Eléments d'implantation cercle « 02 »109

Chapitre XI : Signalisation Routière

Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues113

Partie III : Etude Géotechnique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem.

Chapitre I : méthodes d'essais

Tableau I.1 : Nature du sol en fonction d'E.S134

Tableau I.2 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA140

Tableau I.3 : Récapitulatif des résultats obtenus puit au PK 2+150146

Liste des figures et des photos

Partie I : Etude Bibliographique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem.

Chapitre I : Les rocadés dans le Monde et Algérie

Figure I.1 : Rcade de bordeaux	04
Figure I.2 : Rcade 12 à Marseille	05
Figure I.3 : Rcade à l'Américaine à Montpellier	06
Figure I.4 : Rcade extérieure du Grand-Tunis	07
Figure I.5 : Rcade Sud Alger	07
Figure I.6 : Rcade nord d'Alger	08
Figure I.7 : La 4 ^{ème} Rcade d'Oran	09
Figure I.8 : La 3 ^{ème} Rcade d'Alger	09

Partie II : Etude géométrique du 2^{ème} boulevard périphérique de Mostaganem.

Chapitre I : Présentation du projet

Figure I.1 : Communes de la wilaya de Mostaganem	19
Figure I.2 : Réseau routier de la wilaya de Mostaganem	19
Figure I.3 : Tronçon d'étude de PK 1+775 au PK 3+250	21

Phase APS

Chapitre III : Etude des variantes

Figure III.1 : Eléments du tracé en plan	27
Figure III.2 : Dénivelée cumulée moyenne H/L	29
Figure III.3 : Sinuosité σ	30
Figure III.4 : Raccordement circulaire	33
Figure III.5 : Positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	35

Figure III.6 : Calcul de surfaces cas de remblai	36
---	-----------

Figure III.7 : Calcul de surfaces cas de déblais	36
---	-----------

Phase APD

Chapitre IV : profil en long

Figure IV.1 : Raccordement en profil en long	53
---	-----------

Figure IV.2 : Éléments géométriques du profil en long	54
--	-----------

Figure IV.3 : Schéma de la courbe du profil en long	58
--	-----------

Figure IV.4 : Eléments de la clothoïde	62
---	-----------

Figure IV.5 : Condition de gauchissement	63
---	-----------

Figure IV.6 : Clothoïde sans arc de cercle	64
---	-----------

Figure IV.7 : Clothoïde avec un arc de cercle	64
--	-----------

Figure IV.8 : Clothoïde impossible	64
---	-----------

Chapitre V : Paramètres cinématique

Figure V.1 : Distance d'arrêt en alignement droit	73
--	-----------

Figure V.2 : Distance d'arrêt en courbe	73
--	-----------

Chapitre VII : Profil en travers

Figure VII.1 : Profil en travers type en remblai	82
---	-----------

Figure VII.2 : Profil en travers type en déblai	82
--	-----------

Figure VII.3 : Profil en travers type mixte	83
--	-----------

Figure VII.4 : Profil en travers type d'une route	83
--	-----------

Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

Figure VIII.1 : Structure de chaussée type	87
---	-----------

Figure VIII.2 : Structure type d'une chaussée souple	88
---	-----------

Figure VIII.3 : Structure type d'une chaussée semi-rigide	89
--	-----------

Figure VIII.4 : Structure type d'une chaussée rigide	89
---	-----------

Figure VIII.5 : Chaussée à structure mixte	90
---	-----------

Chapitre IX : Cubature et mouvement des terres

Figure IX.1 : Epure de LALANNE	98
---	-----------

Figure IX.2 : Sens de transport	98
--	-----------

Chapitre X : Implantation

Figure X.1 : Implantation partie circulaire	104
--	------------

Figure X.2 : Méthode d'implantation	105
--	------------

Chapitre XI : Signalisation Routière

Figure XI.1. : Signaux comportant une prescription absolue	111
---	------------

Figure XI.2 : Signalisation Verticale	111
--	------------

Figure XI.3 : Modulation de lignes discontinues	113
--	------------

Figure XI.4 : Signaux pour l'évitement	114
---	------------

Figure XI.5 : PK 1+700 au PK 2+300	115
---	------------

Figure XI.6 : PK 2+400 au PK 3+100	116
---	------------

Figure XI.7 : Flèche de sélection	117
--	------------

Partie III : Etude Géotechnique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De Mostaganem

Chapitre I : méthodes d'essais

Figure I.1 : Schéma d'un volume élémentaire de sil ; poids et volume des différentes phases ...	125
--	------------

Figure I.2. : Matériels d'essai teneur en eau	129
--	------------

Figure I.3. : Analyse granulométrique	130
--	------------

Figure I.4 : Tamisage électrique et manuel	131
---	------------

Photo I.5 : Méthode d'essai	131
--	------------

Figure I.6 : Mode opératoire 01	132
--	------------

Figure I.7 : Mode opératoire 2	132
---	------------

Photo I.8 : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable	133
--	------------

Photo I.9 : Essai d'équivalent de sable	134
--	------------

Figure I.10 : Matériels utilisés	136
---	------------

Photo I.11 : limite de plasticité	138
--	------------

Figure I.12 : Appareillage	138
---	------------

Photo I.13 : Tamisage de l'échantillon	139
---	------------

Photo I.14 : Pesé l'échantillon	139
Figure I.15 : Mode opératoire de l'essai carbonate	140
Figure I.16 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié	141
Figure I.17 : Matériels de l'essai Proctor	142
Figure I.18 : Etapes de l'essai Proctor	142
Photo I.19 : Matériels d'essai CBR	143
Figure I.20 : Matériels d'essai CBR	144

Introduction générale

Introduction Générale

Le réseau routier occupe une place stratégique de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandise et de voyageurs, c'est par conséquent, un élément essentiel et fondamental dans le processus de développement du pays

L'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude géométrique et géotechnique du 2^{ème} boulevard périphérique de Mostaganem du (PK 1+775 au PK 3+250), Notre mémoire s'articule sur trois (3) parties.

La première partie est consacrée à une recherche bibliographique sur les rocadés.

La seconde partie d'étude géométrique, qui comprend deux grandes phases, l'étude en APS et en APD.

En fin, la dernière partie est consacré à l'étude géotechnique. Dans cette partie nous avons présenté tous les essais d'indentifications du sol portant ainsi que les principaux essais routiers en particulier l'essai Proctor et CBR.

Un devis quantitatif et estimatif a été réalisé à la fin du mémoire afin d'avoir une idée du coût global de la réalisation de notre projet.

Problématique

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructures routières est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes.

Notre modeste travail vient pour répondre à deux principales questions :

- Pour quelle raison, on construit cette Rocade ?
- Comment faire pour que le projet tel que proposé limite au maximum les imprévus et anticipe les coûts futurs de fonctionnement dans une vision à long terme ?

Afin de palier à cette problématique, notre étude consiste donc à concevoir un tronçon du deuxième boulevard périphérique (Rocade) de Mostaganem à deux chaussées unidirectionnelles (CW 07bis) entre les Sablettes, Mazagran et le carrefour giratoire urgence sur un itinéraire de 1,5 km.

Partie I

**Etude Bibliographique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De
Mostaganem.**

Chapitre I : Les rocades dans le Monde et Algérie

I. 1. Introduction :

Une rocade est un axe routier militaire assurant la liaison entre plusieurs pénétrantes et permettant ainsi (par analogie avec le jeu d'échecs¹) de roquer des unités entre secteurs du front. Le terme est utilisé par le génie civil pour désigner une voie de circulation rapide urbaine qui contourne ou longe une agglomération. Une rocade peut relier deux villes ou une voie périphérique qui contourne ou entoure une zone urbaine

Les rocades permettent généralement une circulation sur deux ou trois voies. Elles sont conçues pour les automobiles, motocyclettes et véhicules de transport de marchandise, mais selon le cas peuvent être ouvertes aux cyclomoteurs voire aux vélos. ^[1]

I. 2. Les rocades dans le monde :

a. Rocade de Bordeaux :

La rocade de Bordeaux permet le contournement de la capitale girondine. Elle est constituée de l'autoroute A630, section des routes européennes 05 et 70, sur la rive gauche de la Garonne (rocade ouest), et de la route nationale 230 sur la rive droite (rocade est). Elle se situe dans le prolongement de l'autoroute A10 et à l'intersection des autoroutes A89 (via la route nationale 89), A62 et A63.

Si la rocade Est, la plus récente, a été construite dès l'origine en 2x3 voies, en revanche la rocade Ouest, la plus ancienne et la plus longue (31 km), a été construite à seulement 2x2 voies². Aussi la rocade Ouest est élargie à 2x3 voies au cours de travaux qui dureront 23 ans. (Voir la figure ci-après).^[2]

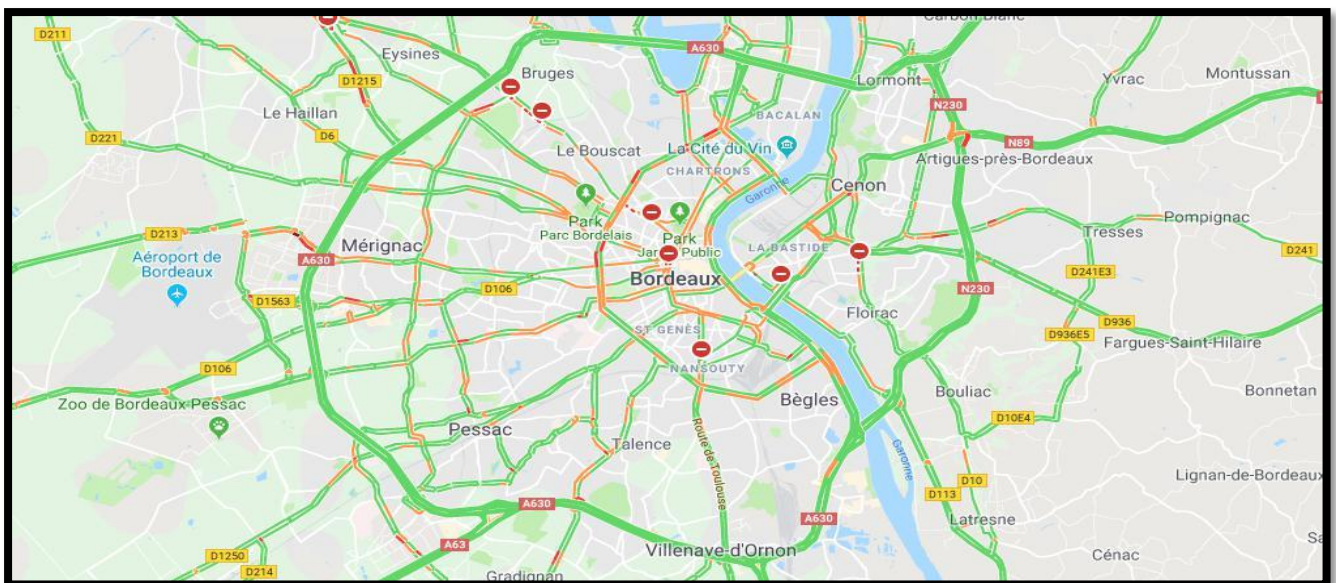


Figure I.1 : Rocade de bordeaux

b. Rocade L2 à Marseille :

Le projet de rocade L2 a pour objet de créer une liaison autoroutière d'une dizaine de kilomètres environ entre les autoroutes A7 (autoroute nord vers Aix-en-Provence) et A50 (autoroute est vers Aubagne et Toulon) et de constituer ainsi un contournement du centre de Marseille. (Voir la figure ci-après). [3]

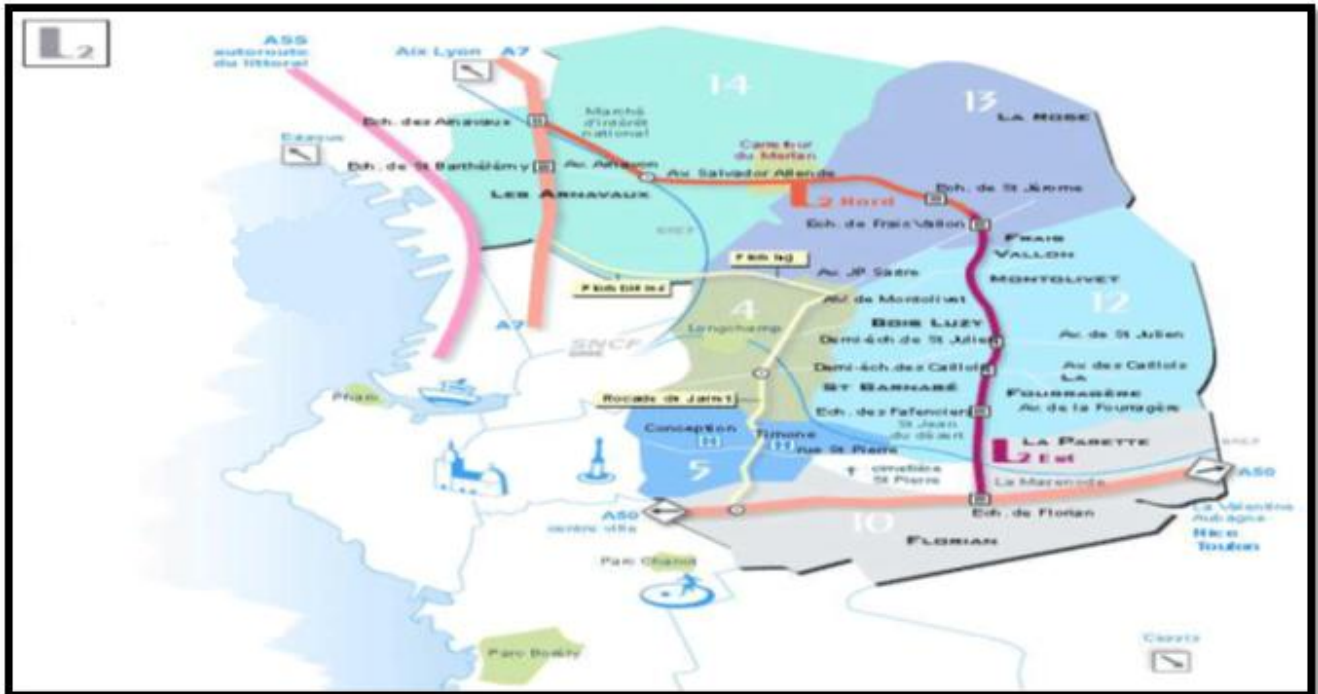


Figure I.2 : Rocade L2 à Marseille

c. Rocade à l'Américaine à Montpellier :

Aménagement de l'autoroute A9 : Thierry MARIANI confirme la réalisation du projet déclaré d'utilité publique en 2007

Au cœur du débat depuis plusieurs années, la question de l'aménagement du tronçon d'autoroute A9 traversant Montpellier, a été tranchée ce matin par Thierry MARIANI ministre chargé des Transports, lors de son déplacement à Montpellier.

Thierry MARIANI s'était rendu à Montpellier, en mai dernier, pour lancer la concertation publique qui s'est tenue sur le sujet du 15 juin au 15 juillet au niveau local.

Tirant le bilan de cette concertation, Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET et Thierry MARIANI ont décidé de confirmer la réalisation du projet déclaré d'utilité publique en 2007.

Le projet retenu consiste à doubler l'autoroute A9 par une autoroute à 2×3 voies sur une distance de 23 km dont 12 km en tracé totalement neuf.

Parallèlement, l'autoroute A9 actuelle sera transformée en boulevard urbain dans sa traversée de l'agglomération de Montpellier. (Voir la figure ci-après). [4]

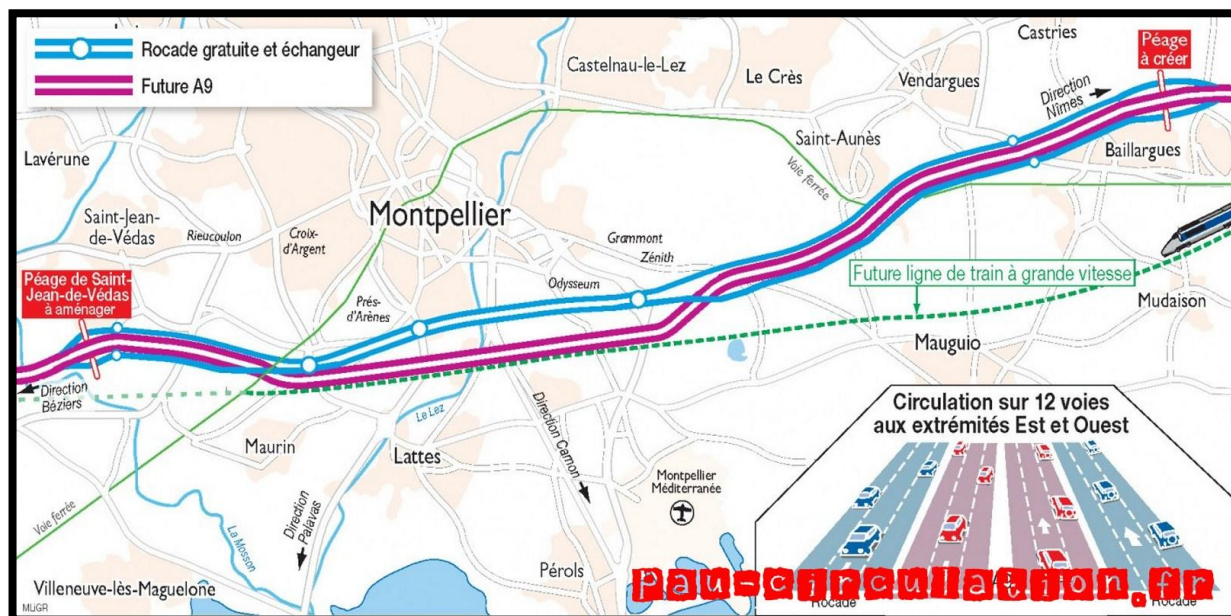


Figure I.3 : Rocade à l'Américaine à Montpellier

d. La rocade 2 de Rabat-Salé (Maroc) :

La rocade 2 de Rabat-Salé, est une voie-express de 8 km reliant les villes de Rabat et Salé. Cette rocade de 2x3 voies est gratuite pour tous les types de véhicules. Elle a été inaugurée en juillet 2018. ^[5]

e. Rocade extérieure du Grand-Tunis :

Le ministère de l'équipement et de l'environnement engagera en 2014 la libération de l'emprise foncière du projet de Rocade extérieure du Grand-Tunis x 30 qui reliera les différentes autoroutes de Tunis, selon des données publiées par ledit ministère. Il s'agit de la réalisation d'une "voie express" à 25 km de la capitale, traversant les gouvernorats de l'Ariana, la Manouba et Ben Arous.

Cette voie qui s'étendra sur 80 kms reliera le port financier Al Hsyane (Raoued) à l'autoroute Tunis-Hammamet et devrait démarrer au cours des prochaines années d'après le ministère. Le projet, dont les coûts sont estimés à 500 millions de dinars, a pour objectif de réduire l'encombrement de la circulation dans le Grand-Tunis et de relier les autoroutes Nord A4 (Tunis-Bizerte), ouest A3 (Tunis-Béja) et Sud A1 (Tunis-frontière avec la Libye). (Voir la figure ci-après). ^[6]

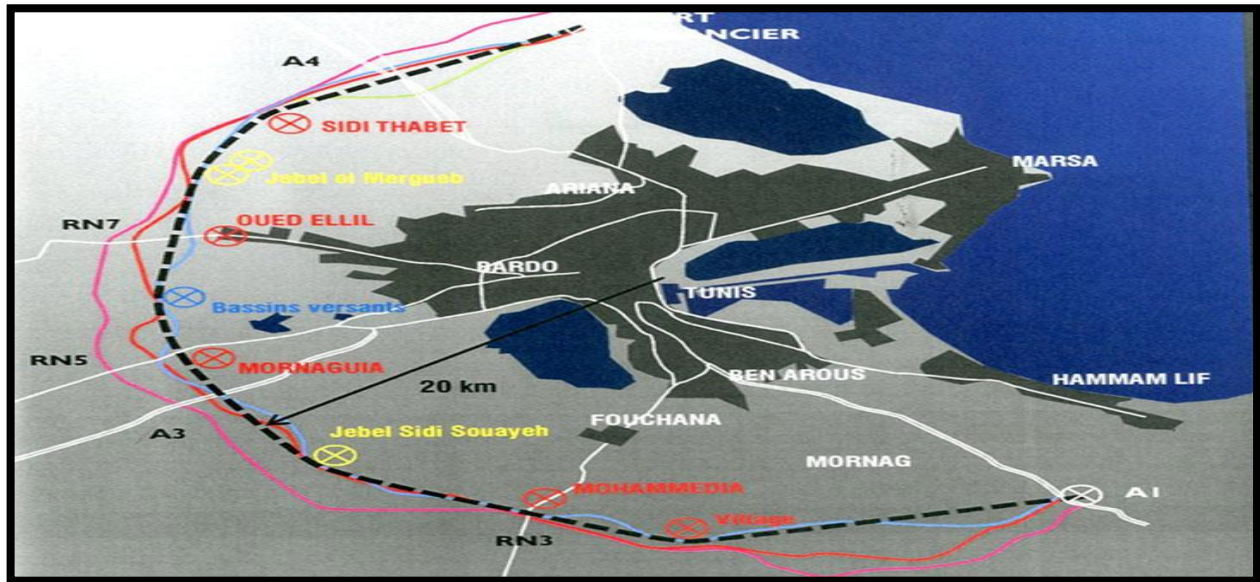


Figure I.4 : Rocade extérieure du Grand-Tunis

I. 3. Les rocade dans Algérie :

a. Rocade Sud Alger :

La rocade Sud Alger dénommée aussi **RSA** est une infrastructure routière (de type autoroutier), ayant la configuration 2×3 voies, reliant la banlieue est d'Alger (Dar El Beïda) à la banlieue ouest (Zéralda) de Longueur 45 km. (Voir les figures ci-après). [7]

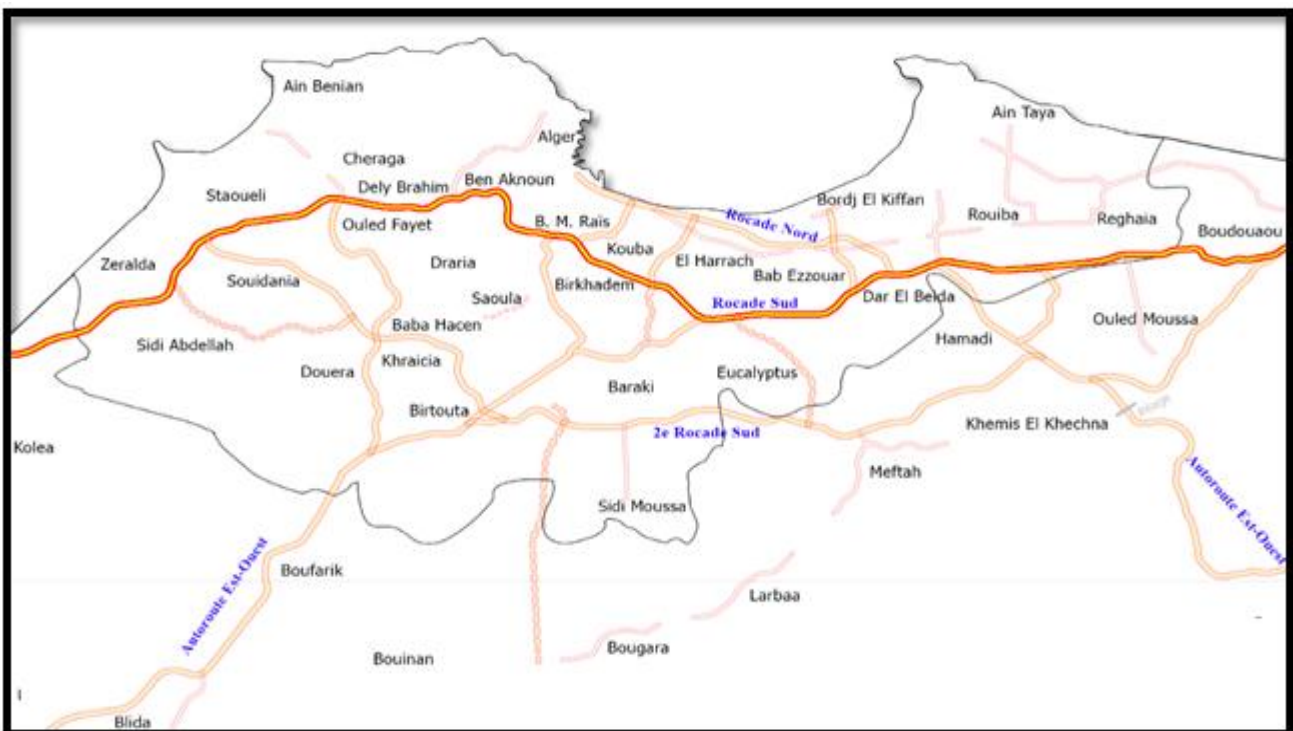


Figure I.5 : Rocade Sud Alger

b. Rocade nord d'Alger :

La rocade Nord d'Alger / Autoroute de l'Est est une rocade qui mène du centre d'Alger à Dar El Beïda dans la banlieue est d'Alger sur 14,5 km et jusqu'à Boudouaou sur 29 km pour rejoindre l'Est du pays. (Voir la figure I.7). [8]



Figure I.6 : Rocade nord d'Alger

c. la 2^{ème} Rocade d'Oran :

Considérée comme l'un des grands projets structurants d'Oran, la réalisation de la 2^{ème} rocade, appelée aussi 5^{ème} boulevard périphérique, sur une longueur de 21 km, permettra aux usagers de la route une circulation rapide, fluide, confortable et sécurisée. Devant relier la localité de Belgaïd à El-Kerma par une bretelle à l'autoroute Est-Ouest, ce projet vise également à désenclaver de nouvelles zones relevant de six communes. [9]

d. La 4^{ème} Rocade d'Oran :

La 4^{ème} rocade se situe à côté de Daïa Morsli et se trouve à Oran, Algérie. 4^{ème} rocade d'Oran a une longueur de 0.06 kilomètres. Mais il est divisé de manière séparée. (Voir la figure I.8). [10]



Figure I.7 : La 4^{ème} Rocade d'Oran

e. La 3^{ème} Rocade d'Alger :

La 3^{ème} Rocade d'Alger relie Tipaza à Tizi-Ouzou rentre dans le cadre du Schéma Directeur Routier et Autoroutier 2005-2025.

Elle prend origine sur la pénétrante de Tipaza, évolue dans l'emprise de la RN67 sur 36km, contourne, par le Nord, la localité de Ben-Chaabane parallèlement au CW112. Dans la Wilaya de Blida, le tracé intercepte l'Autoroute Est-Ouest au Nord de Boufarik, passe au Nord de Bouinan, Bougara et Larbaa puis évolue dans un relief difficile jusqu'à la limite Est de Blida. Dans la Wilaya de Boumerdes, le tracé passe au Sud de Khemis-EI-Khechna, intercepte par la suite l'Autoroute Est-Ouest à 1.5 km au Nord de Larbaatache pour rejoindre le tracé de la 2^{ème} Rocade. Ensuite, Il évolue avec cette dernière jusqu'à sa fin (au niveau de Boudouaou). (Voir la figure ci-après). ^[11]



Figure I.8 : La 3^{ème} Rocade d'Alger

Chapitre II : Impact sur l'environnement

II.1. Introduction :

Actuellement, il est exigé pour n'importe quel type de projet une étude d'impact sur l'environnement.

Nous avons pris en considération l'étude de l'impact des projets d'infrastructures sur l'environnement ; surtout lorsque la comparaison entre les inconvénients des différents tracés routiers sont difficilement quantifiables ce qui apporte des éléments de comparaison supplémentaire pour le choix entre les différentes variantes du tracé routier.

L'objectif de l'étude d'impact sur l'environnement est d'analyser les dégradations et les écosystèmes créés par la route et de déterminer ces impacts afin de prendre des mesures contre tous les esprits négatifs sur l'homme, l'environnement, les richesses naturelles et agricoles. ^[12]

II. 2. Aspect de l'environnement à préserver lors de la conception d'une infrastructure :

La construction d'une route intervient directement dans la perturbation de l'eau, l'aire, la faune, la flore et l'altération des nuisances dus au bruit. Les impacts peuvent concerner : ^[12]

a. Les ressources en eau :

La route peut modifier les écoulements, la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant par fois un risque d'inondation, d'érosion, de dépôt ou une modification de la dynamique de la nappe phréatique.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros - bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

b. La qualité de l'aire :

La pollution de l'aire due au trafic routier est essentiellement causée par le gaz d'échappements, et la poussière.

La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO₂
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- Utiliser d'autres sources d'énergie.

- Contrôler les véhicules et les vitesses.
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

c. Impact sur les habitants :

➤ *Le bruit :*

C'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction. Pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles, une attention particulière doit être accordée aux normes applicables au niveau sonore des engins, aux horaires de travail, aux itinéraires de transport des matériaux et à tout autre aspect ayant trait à la gestion du chantier. Concernant l'urbanisme, la voirie nouvelle et l'habitat, des progrès importants sont à attendre dans ce domaine qui demande à être davantage exploré.

Le niveau moyen du bruit diminue avec l'éloignement par rapport à la voie de circulation. Ceci montre que les possibilités d'amélioration en matière de protection contre le bruit peuvent être attendues :

- D'une part, de l'éloignement des habitations par rapport aux voies de circulation.
- D'autre part, de l'orientation de l'habitation par rapport à ces voies ou au moins par rapport aux points singuliers de circulation, tels que les feux, les carrefours, les rampes.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes :

- réduction de la vitesse.
- implantation de la voie par rapport aux zones bâties.
- construction de buttes de terre.
- baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.
- murs antibruit.
- isolation des bâtiments.

➤ *La destruction*

Le tronçon est choisi en limitant au maximum la destruction d'habitats et en évitant les zones urbaines prévues au niveau des divers plans d'aménagement. Cependant, pour certains passages obligatoires à travers des propriétés privées, l'Etat compensera les endommagés selon la réglementation en vigueur.

d. Traitement paysage :

Pour lutter contre la pollution de l'aire on doit :

- Assurer un contrôle régulier des engins et de la qualité de leur combustion ;

- Assurer un arrosage régulier du chantier particulièrement en période sèche.

e. Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Planter des passerelles au niveau des centres, ainsi que les passages piétons seront implantés au niveau des carrefours.
- Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit réduire la vitesse au niveau des carrefours ; Ainsi qu'implanter des carrefours giratoires qui assurent une meilleure sécurité pour leurs usagers.

f. La faune et la flore :

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est important de prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique.

Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

La détermination de toutes les espèces vivantes dans notre zone d'étude est une opération complexe, vu l'absence de matériaux de piégeage.

L'étude de la faune du site révèle une diversité biologique relativement faible, avec l'absence des espèces rares ou protégées.

g. Impact sur la santé :

Les contraintes de protection de la santé s'imposent maintenant aux projets routiers. Cette thématique doit être développée dans les études d'impact, et les mesures compensatoires ou préventives doivent être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

Le volet santé de l'étude d'impact doit en particulier évaluer l'état initial en termes de mortalité et de morbidité sur une zone d'étude pertinente. Il doit ensuite évaluer l'incidence de l'aménagement sur ces données

h. Impact sur l'agriculture :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

1. Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture de cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole

2. Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

- **Mesures préventives :** Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux mesures curatives.
- **Mesures curatives :** Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

i. Impact sur l'activité socio-économique :

Impact positif dans l'ensemble du à :

- Un renforcement des infrastructures routières à l'échelle nationale ;
- Une création d'emploi durant la phase de construction.
- Un renforcement de l'économie nationale engendrée par la fluidité du trafic.
- Un gain en temps de parcours ;
- Une réduction des coûts d'exploitation des véhicules proportionnels au temps ou " coûts horaires » ;
- Une réduction de la consommation de carburant, de lubrifiant, de l'entretien et plus généralement des différents véhicules ;
- Une amélioration de la sécurité routière et par conséquent une réduction du nombre d'accidents.

Chapitre III : Etude du trafic

III. 1. Introduction :

Tout projet d'étude d'infrastructures routières doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement à cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année d'horizon. L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception repose, pour partie «stratégie et planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaires pour :

- ❖ Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- ❖ estimer les coûts d'entretien du réseau routier.
- ❖ définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombres de voies). [12]

III. 2. Analyse de trafic :

Plusieurs méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont : [12]

- Le compactage sur route (manuel ou automatique).
- Une enquête de circulation.

a. La Mesure Des Trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

Les comptages : sont permettent de quantifier le trafic.

Les enquêtes : sont permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

1. Les comptages :(technique n'identifiant pas les véhicules)

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

- ❖ Comptages manuels
- ❖ Comptages automatiques

➤ **Les comptages manuels :**

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

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

➤ **Les comptages automatiques :**

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

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

- **Les comptages permanents :**

Sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et Le chemin de Wilaya les plus circulés.

- **Les comptages temporaires :**

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

2. Les Enquêtes Origine Destination :

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

Il existe deux types d'enquêtes :

Les enquêtes simplifiées :

- ❖ Enquêtes par relevé minéralogique.
- ❖ Enquêtes par cartes

Les enquêtes complètes :

- ❖ Enquêtes par interview le long de la route

Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

b. Différents types de trafics :

On distingue quatre types de trafics :

1. *Trafic normal* : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
2. *Trafic dévié* : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
3. *Trafic induit* : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

Ce trafic résulte :

- ❖ Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
 - ❖ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
4. *Trafic total* : C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

Le trafic est classé en quatre classes qui sont définies en fonction de trois données suivantes :

- ❖ Le trafic de mise en service, exprimé en fonction de l'intensité journalière moyenne (V/j) et pour une durée de vie escomptée de l'ordre de 20 ans.
- ❖ Le trafic cumulé (N) exprimé en nombre d'essieux standards pendant la durée de vie de service, qui est en général prise égale à 20 ans. La détermination du trafic cumulé nécessite de choisir un taux de croissance qui varie en général entre 0 et 6 % par an avec une moyenne de 3 %.
- ❖ Le poids maximal (en tonnes) de l'essieu ou de la roue du poids lourd qui emprunte l'itinéraire pendant la durée de service. Cette donnée est nécessaire pour le dimensionnement des chaussées non revêtues.

Partie II

**Etude géométrique du 2ème boulevard périphérique de
Mostaganem.**

Chapitre I : Présentation du projet

I. 1. Présentation de la wilaya :

La wilaya de Mostaganem appartient à l'ensemble régional ouest du pays, frange littorale accessible, dynamique, par son activité touristique et commerciale dans toutes ces formes. Le territoire de la wilaya est délimité par la zone d'Arzew à l'ouest, Mascara au sud-ouest, Tiaret au sud-est Relizane et Chlef à l'est.

La wilaya de Mostaganem, est en possession d'un important port de commerce et d'un réseau d'infrastructures aspergeant convenablement la région. ^[13]

a. Situation géographique :

La wilaya de Mostaganem est située sur le littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 365 km à l'Ouest de la capitale, Alger, La wilaya s'étend sur une superficie de 2 269 km².

La wilaya de Mostaganem est limitée : ^[13]

- A l'Est par les Wilayas de Chlef et Relizane ;
- Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane ;
- A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara ;
- Au Nord par la Mer Méditerranée.

b. Relief :

Le relief de la Wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques appartenant à deux régions distinctes, le Plateau et le Dahra1 : ^[13]

- Les vallées basses de l'Ouest englobent les communes : Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Aïn Nouïssy, El Hassaine et Fornaka.
- Les Monts du Dahra englobent les communes : Sidi Belattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, Ouled Maallah, Tazgait, Nekmaria, Kheireddine, Aïn Boudinar et Safsaf.
- Le plateau de Mostaganem englobe les communes : Mostaganem, Aïn Tedles, Sour, Bouguirat, Sirat, Souaflia, Mesra, Aïn Sidi Cherif, Mansourah, Touahria et Sayada.
- Les vallées de l'Est englobent les communes : Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem, Sidi Lakhdar, Hadjadj et Abdelmalek Ramdane. (Figure III.1)



Figure I.1 : Communes de la wilaya de Mostaganem

c. Le climat :

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra. ^[13]

d. Infrastructure de base :

➤ Réseau routier : ^[13]

- ✓ Routes nationales : 332.43
- ✓ Chemins de wilaya : 653.83
- ✓ Chemins communaux : 1147.98

La figure suivante représente le réseau routier de la wilaya de Mostaganem



Figure I.2 : Réseau routier de la wilaya de Mostaganem

➤ Réseau portuaire : ^[13]

La wilaya compte trois ports :

- ✓ Port de marchandises de Mostaganem.
- ✓ Port de pêche de Sidi Lakhdar.
- ✓ Port de pêche et de plaisance de Salamandre.

➤ Réseau ferroviaire :

Il existe une voie pour le transport de marchandises reliant le port à la gare de Mostaganem en direction de Mohammedia.

➤ Réseau aéroportuaire :

- ✓ Piste principale : 1360 m x 30 m
- ✓ Piste secondaire : 700 m x 30 m
- ✓ Aires de stationnement 13 000 m²
- ✓ Voies de circulation : 450 m x 20 m

e. Forêts : ^[13]

Le domaine forestier cadastré, occupe une superficie de 30 767 ha, soit 13.56% de la superficie totale de la wilaya. La flore est constituée essentiellement d'espèces méditerranéennes avec la prédominance du pin d'Alep qui couvre le tiers de la superficie forestière. Les forêts naturelles occupent 44% du domaine forestier contre 56% pour les forêts artificielles. (Figure III.1)

II. 2. Présentation du projet :

a. Cadre de l'étude :

Dans le cadre de l'étude d'un deuxième boulevard périphérique de Mostaganem à deux chaussées unidirectionnelles (CW07bis) entre les Sablettes, Mazagran et le carrefour giratoire urgence sur 26 km et suite à la demande de la Direction des Travaux Publics « D.T.P » de la wilaya de Mostaganem adressée à la SETS, une étude d'avant-projet détaillée, fera l'objectif de ce rapport technique.

Afin de mener à bien notre étude, plusieurs visites de site sont effectuées pour avoir une appréciation suffisante de toutes les contraintes sur l'ensemble des aspects géométrique, géotechnique, environnemental, etc....

Notre projet de fin d'étude consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillé un tronçon de la deuxième boulevard périphérique entre les Sablettes, Mazagran et le carrefour giratoire urgence sur 26 km. Pour atteindre le but de cette étude, nous l'avons réalisé en deux grandes parties :

- Une phase APS : consacrée à l'étude de deux variantes.
- Une phase APD : traitera l'étude de la variante choisie. ^[13]

b. Objectif de projet :

Le deuxième boulevard périphérique de Mostaganem, a pour objet :

- ✓ Renforcer le réseau routier local et régional.
- ✓ D'assurer un rôle dans le rééquilibrage du territoire.
- ✓ Favoriser la mobilité douce et réduire la congestion, les temps de déplacement, et les accidents.
- ✓ D'accroître la sécurité routière des usagers.
- ✓ Soutenir les objectifs de développement économique de la région, et de la Wilaya en générale. ^[13]

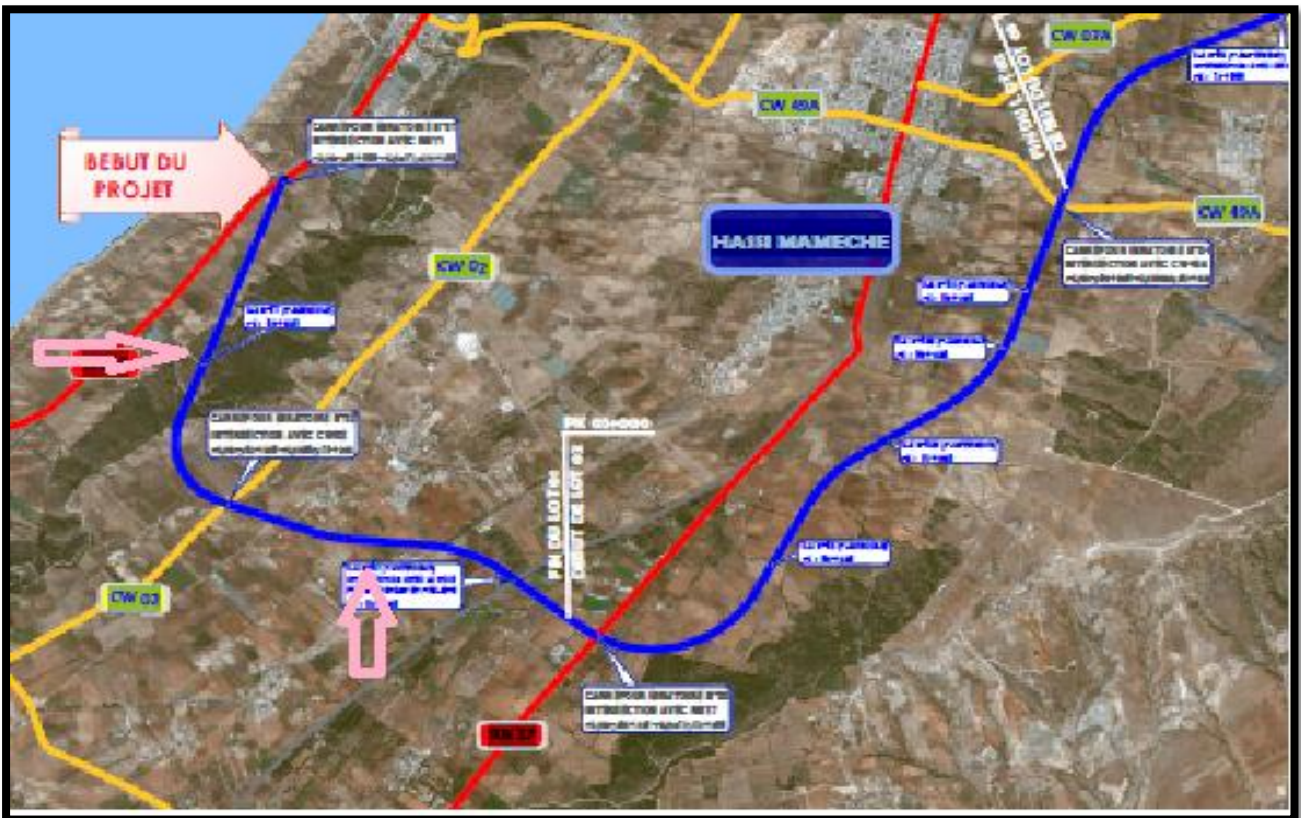


Figure I.3 : Tronçon d'étude de PK 1+775 au PK 3+250

Chapitre II : Caractéristique géométrique des routes

II. 1. Introduction :

L'infrastructure routière est un ouvrage important et stratégique dans le développement économique d'un pays, Les routes peuvent être classées selon plusieurs critères, la classification peut être propre au pays, régionale ou d'ordre international.

La classification administrative des routes est basée sur la domanialité du terrain et du point de vue technique les routes sont classées selon la vitesse de référence ou selon le trafic qu'elle supporte, les routes peuvent être aussi classées selon leurs fonctions ou selon les différentes contraintes environnementales. Certain pays classe les routes selon leurs modes de gestion ou d'exploitation (routes publics, routes privées,...).

La référence des routes est le plus souvent faite en usage avec les deux principales classifications, qui sont la classification administrative et la classification par catégorie de route selon la vitesse de référence. ^[14]

II. 2. Classification Des Routes :

a. Classification selon la liaison :

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

Les cinq catégories de la route sont :

- **Catégorie 1** : liaison entre les grands centres économique et industrie lourd
- **Catégorie 2** : liaison entre les centres d'industrie de transformation et d'industrie légères.
- **Catégorie 3** : liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de CAT 1 et CAT 2.
- **Catégorie 4** : liaison des centres de vie non reliés au réseau de CAT 1-2-3.
- **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes. ^[15]

b. Classification Selon La Catégorie De Route :

- *Routes exceptionnelles :*

Ce sont des routes avec deux chaussées unidirectionnelles séparées, on admet que leurs tracés comportent quelques points de croisement plan.

➤ *Routes 1^{ère} catégorie :*

Ces routes correspondent aux routes à grand trafic dont le tracé est sur un terrain facile et peu accidenté avec quelque passage en agglomération et des croisements.

➤ *Routes 2^{ème} catégorie :*

Ces routes correspondent aux routes supportant un trafic moyen et dont le tracé se développe dans un terrain vallonné, sortant du cadre de la première catégorie.

➤ *Routes 3^{ème} catégorie :*

Ce sont des routes qui supportent un trafic faible et dont le tracé correspondant à une section transversale difficile, dans un terrain à relief accidenté.

➤ *Routes de 4^{ème} catégorie :*

Ces routes sont tracées dans des sections très difficiles, ou leurs reliefs ne permettent pas de passer ou de réaliser des routes de catégories supérieures. ^[15]

II. 3. Classification fonctionnelle :

➤ Chemins communaux CC:

Les chemins communaux constituent un maillon important dans le réseau routier, elles permettent la liaison des villages au réseau principal de routes. Elles peuvent s'étendre sur une ou plusieurs communes, entretenues par les collectivités locales.

➤ Chemins de wilaya CW:

Les chemins de Wilaya ou Chemin Départementaux relient le réseau de routes communales au réseau national. Ces routes peuvent desservir uniquement la wilaya et sont à la charge de celle-ci comme ils peuvent desservir deux Wilayas avoisinantes.

➤ Routes nationales RN:

Les routes nationales sont d'un intérêt commun pour plusieurs Wilayas (départements) ou pour le pays entier. Elles constituent des itinéraires inter-wilaya qui supportent un grand trafic. La construction, l'aménagement, l'entretien et la gestion de ces routes est faite par le budget de l'état.

➤ Autoroutes :

Les autoroutes sont des routes nationales d'une catégorie spéciale, elles sont constituées de deux chaussées unidirectionnelles séparées par terre-plein central, ne comportant aucun passage ou carrefour à niveau. Les autoroutes sont réservées à la circulation mécanique rapide et ne sont

accessible qu'à des points spécialement aménagés. Les autoroutes sont réalisées, aménagées, entretenues et gérées le plus souvent sur des capitaux privés ou groupes d'investissement. Les autoroutes offrent :

- Une Grande réserve de capacité.
- Des conditions meilleures de circulation.
- Une sécurité maximum pour les usagers.^[15]

Phase APS

Chapitre III : Etude des variantes

III. 1. Tracé en plan :

A. Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche d'un tracé dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

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

Définition :

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

Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les paramètres géométriques de la route. ^[12]

B. Règles à respecter dans la trace en plan :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations. ^[12]

- De recourir à un tracé garantissant la visibilité aux usagers de la route.
- Assurer des raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.
- Placer les carrefours dans des endroits assurant une bonne visibilité.
- Introduire les devers au niveau des petits rayons.
- Respecter les normes d'aménagement en matière de paramètres routiers (rayons, Dévers).
- Introduire des sur largeurs pour les poids lourds.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- L'utilisation du réseau routier existant si possible.
- Dans le cas des terrains plat, l'axe sera placé le plus près possible des points hauts de façon à utiliser les possibilités de drainage naturel.
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Éviter au maximum les propriétés privées.
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter au maximum la construction d'ouvrages d'arts pour des raisons économiques et d'exploitation.

- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géotechniques.

C. Eléments du tracé en plan :

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

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide des Clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.^[12]

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments : **(voir la figure)**

1. Des droites (alignements).
2. Des arcs de cercle.
3. Des courbes de raccordement progressives.

Comme il est schématisé ci-dessous :

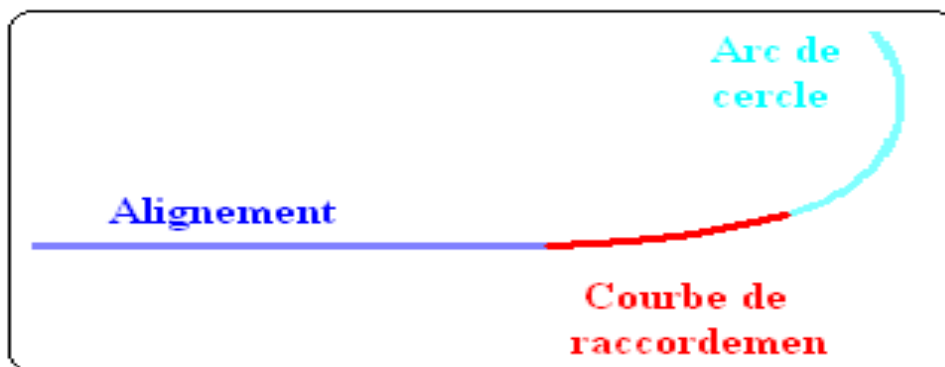


Figure III.1 : Eléments du tracé en plan

➤ Alignements droits :

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, clothoïdes).

Ils serviront éventuellement de raccordement entre 2 cercles. Pour des raisons de sécurité, et en particulier éviter la monotonie source d'accidents et l'éblouissement par les phares la nuit, il est recommandé d'alterner alignements droits et courbes circulaires : 40 à 60 % d'alignements droits, et on limite à 30 % les courbes à courbure progressive telles que les clothoïdes. Leur longueur doit être limitée.

➤ Arcs en cercles :

Ils peuvent correspondre d'emblée à une certaine portion du tracé. Ils servent également éventuellement en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

➤ Courbes de raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la Clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

D. Paramètres fondamentaux d'un tracé routier :

a) Niveau de service :

Dans chaque catégorie de liaison, la route est caractérisée par des conditions minimales d'aménagement dépendant de : ^[16]

- La qualité de service assurée à l'utilisateur.
- L'intensité du trafic et de sa composition.
- Caractéristiques topographiques.

b) Environnement de la route :

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- Dénivelée Moyenne Cumulée « H/L »
- La sinuosité « $\sigma = ls / L$ »

➤ *Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :*

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

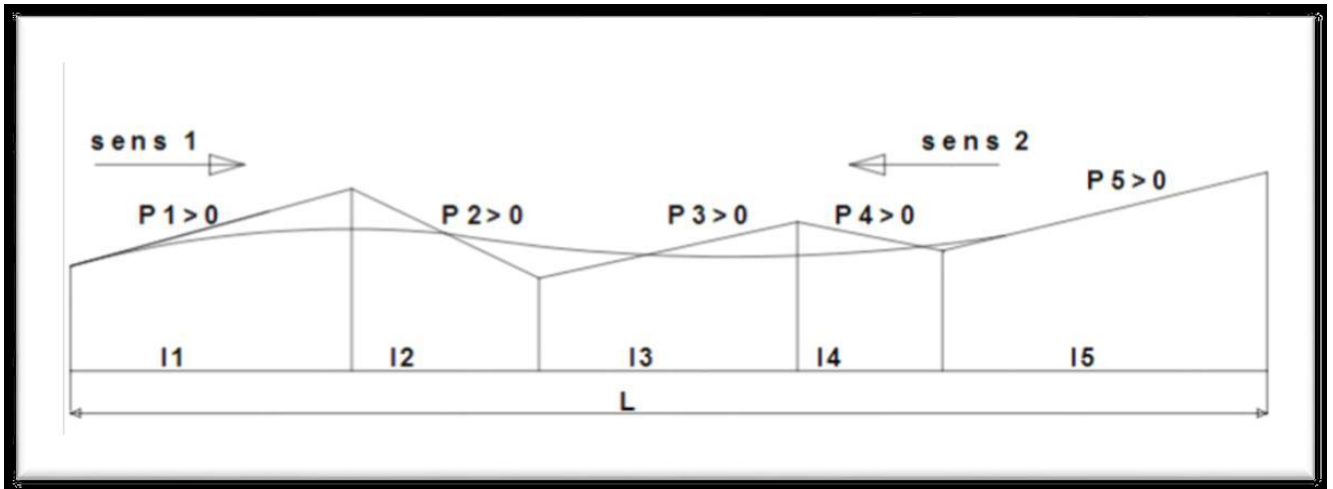


Figure III.2 : Dénivelée cumulée moyenne H/L

H / L Est donnée par la relation suivante :

$$\frac{H}{L} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i l_i + \sum_{P_i < 0} P_i l_i \right|}{L}$$

P : pente du terrain

$L = L_1 + L_2 + \dots + L_N$: longueur de l'itinéraire

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain.

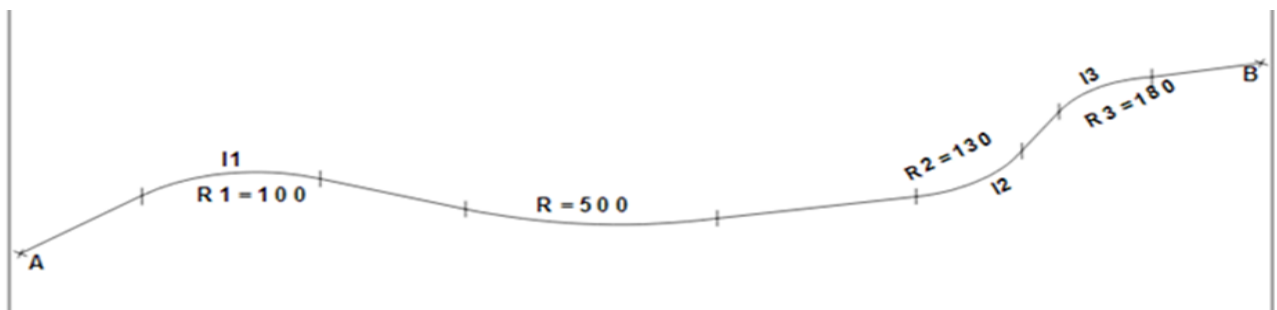
Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie. ^[16]

Tableau III.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne

N° de code	classification	La dénivelée cumulée moyenne h/L
1	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
2	Terrain vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

➤ **Sinuosité $\sigma = ls / L$:**

La sinuosité δ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur LS sur Le total de l'itinéraire. $\delta =$ (longueur sinueuse des sections dont $R_i < 200m$)/L totale. ^[16]

**Figure III.3 :** Sinuosité σ

- ❖ Les valeurs seuils, permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

Tableau III.2 : Classification de la sinuosité

N° de code	Classification	Sinuosité moyenne
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.1$
2	Sinuosité moyenne	$0.1 < \sigma \leq 0.3$
3	Sinuosité forte	$0.3 < \sigma$

Les trois types d'environnement E_i distingués résultent du croisement des deux Paramètres précédents selon le tableau ci-dessous

Tableau III.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité

Relief \ Sinuosité	Sinuosité		
	Faible	Moyenne	Fort
Plat	E ₁	E ₂	
vallonné	E ₂	E ₂	E ₃
Montagneux		E ₃	E ₃

c) Vitesse de la route

➤ *Vitesse de référence :*

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux.

Elle dépend de la catégorie, de l'environnement et de la politique économique du pays. Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le cout du projet. Choisir une vitesse de basse élevée nécessite un aménagement plus approprié et adapté à cette vitesse. ^[16]

Donc la détermination de vitesse de référence (V_r) se fait à partir du tableau suivant :

Tableau III.4 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40

Environnement		Catégorie		
		(E1)	(E2)	(E3)
Catégorie 1	VvL	120/100/80	120/80/60	80/60/40
	VpL	40/35/30	35/30/25	30/25/20
Catégorie 2	VvL	120/100/80	120/80/60	80/60/40
	VpL	40/35/30	35/30/25	30/25/20
Catégorie 3	VvL	120/100/80	120/80/60	80/60/40
	VpL	35/30/25	30/25/20	25/20/10
Catégorie 4	VvL	120/100/60	80/60	60/40
	VpL	30/25/20	25/20/*	20/*
Catégorie 5	VvL	80/60/40	60/40	40
	VpL	*	*	*

➤ *Vitesse de projet :*

La vitesse de projet V_p est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales. On entend par conditions normales :^[16]

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

E. Courbes en plan :^[16]

a) Rayon minimal absolu RHm :

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

$$RHm = \frac{V_r^2 \text{ (Km/h)}}{127(d + ft)}$$

b) Rayon minimal normal RHN :

RHN est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieure. Il lui est associé un dévers égal à $d_{max} - 2\%$ pour les

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

Catégories 1-2-3 et 4. Ce dévers est réduit à 6% (= $d_{max} - 3\%$) pour la catégorie 5.

c) Rayon au dévers minimal RHd :

RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (devers : - $d_{min} \%$)

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2 \cdot d_{min})}$$

d) Rayon non déversé RHnd :

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

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

F. Détermination des rayons :

a) Détermination des coordonnées des sommets :

Dans cette partie on a relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe la route.

Une fois les coordonnées relevées, on a calculé les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits, on a déterminé ensuite les angles au centre de chaque raccordement et enfin on a déterminé les distances entre les sommets. ^[16]

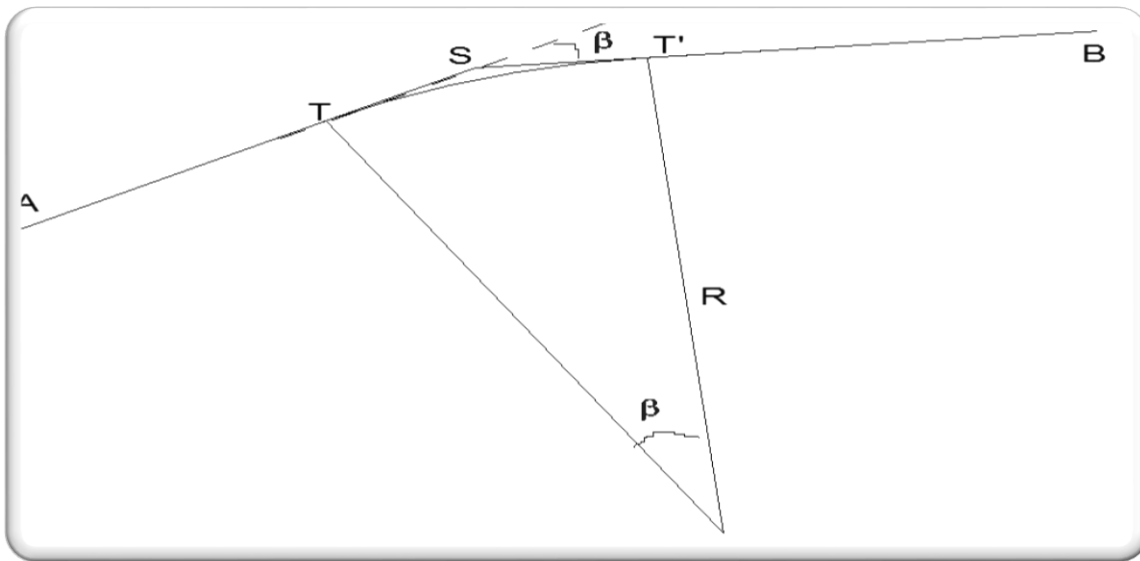


Figure III.4 : Raccordement circulaire

b) Calcul de gisements et des angles au centre :

➤ **Gisement**

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction ^[16]

Exemple : Calcul du Gisement de la direction AS1.

$$G_{AS1} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{X_{S1} - Y_A}{Y_{S1} - Y_A}$$

➤ **Distance**

La distance AS1 est donnée par la relation :

$$AS1 = \sqrt{(X_{S1} - X_A)^2 + (Y_{S1} - Y_A)^2}$$

➤ **L'angle au centre**

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par :

$$\beta = G_{AS1} - G_{S1}$$

c) Formules de calculs des éléments de raccordement circulaire :

➤ **La tangente «T»** : est la distance entre le sommet considéré et l'extrémité du raccordement

elle est calculée ainsi.

$$ST = ST' = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$$

Avec :

β : l'angle au sommet (grad)

R : rayon choisit (m)

➤ **Bissectrice «Bx»** : est obtenu par la relation suivante :

$$\text{Biss} = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

➤ **Développée de l'arc «D»** :

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R \beta^{\text{rd}}$$

➤ **Flèche «F»** :

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

G. Pourcentage Alignement Droit :

Pendant longtemps le tracé rectiligne a été considéré comme le meilleur parce qu'il est le plus court, mais ce tracé représente des inconvénients dans les grands alignements, éblouissement, torpeur du conducteur, vitesse excessive, esthétique difficile.

C'est pour cela qu'il est préférable de remplacer les longs alignements droits par des successions d'alignements courts ou par des courbes à grands rayons. Le facteur le plus important est le pourcentage des alignements droits d'une section de route. Il est recommandé de limiter ce pourcentage de 40 à 60 %

H. Cubatures Approchées :

Les cubatures de terrassement est le volume en m^3 des travaux déblais et remblais. Plusieurs méthodes sont utilisées, à la base de donner de deux coupes

- Coupes longitudinal « profil en long »
- Coupe transversal « profil en travers »

a) Méthodes de calcul :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes Remblais-Déblais, parmi lesquelles nous citerons :

- Méthode de la moyenne des aires.
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur. Pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.^[16]

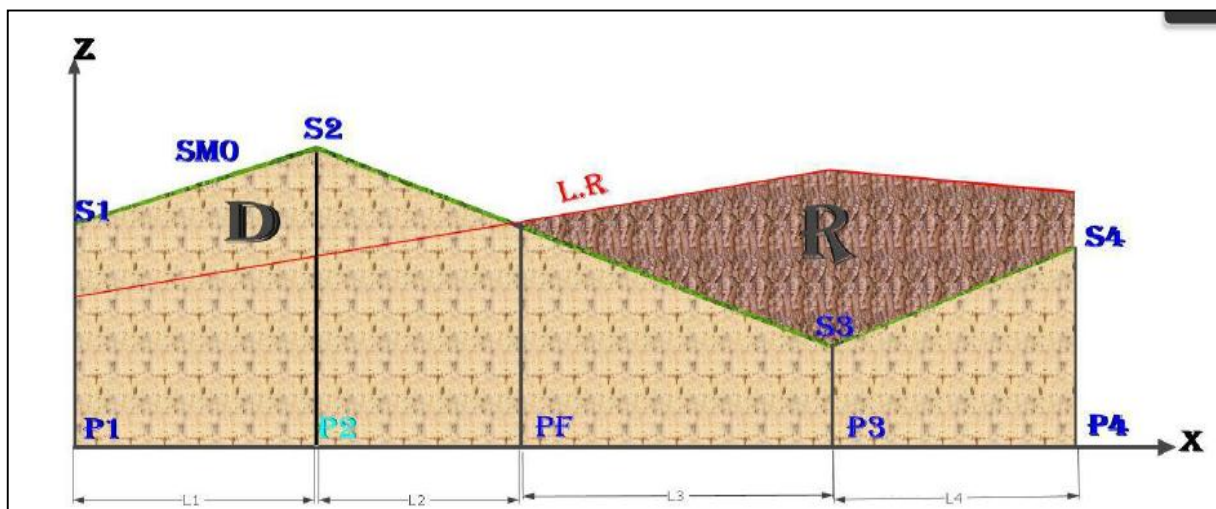
b) Description de la méthode adoptée :

Figure III.5 : Positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Le principe de la méthode consiste à calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule :

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à :

❖ *Méthode de calcul approximatif :*

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

Par conséquent

$$V_t = \left(\frac{d_1}{2} \right) S_1 + \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) S_2 + \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right) S_3 + \dots + \left(\frac{d_n + d_{n+1}}{2} \right) S_{n+1}$$

❖ *Calcul des surfaces :*

a) En remblai :

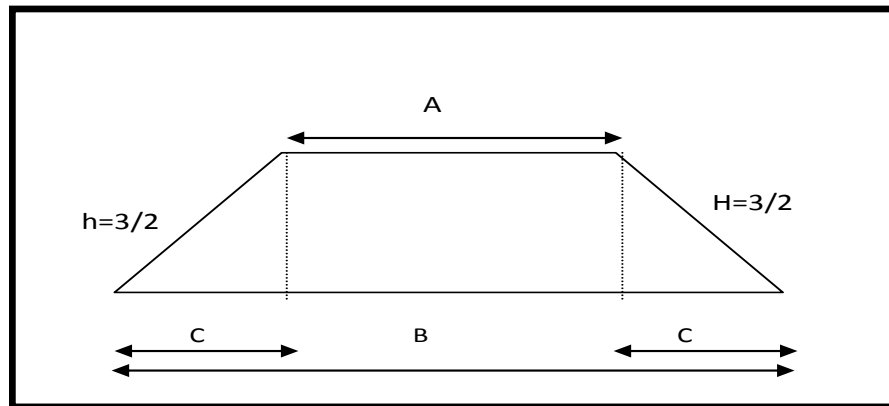


Figure III.6 : Calcul de surfaces cas de remblai

Avec :

- ✓ **A** : largeur de la chaussée les 2 Accotements.
- ✓ $\text{Tg } \alpha = P = 2/3 = h/c$
- ✓ $C = \frac{3h}{2}$
- ✓ **h** : différence de niveau entre la côte de projet et la côte terrain naturel
- ✓ $B = A + 2c$
- ✓ $B = A + 2 \frac{3h}{2} = A + 3h$

D'où:

$$S = \frac{(A + B)}{2} h = \frac{A + A + 3h}{2} h = \frac{2A + 3h}{2} h$$

$$\text{Soit } S = Ah + \frac{3h^2}{2}$$

b) En déblai :

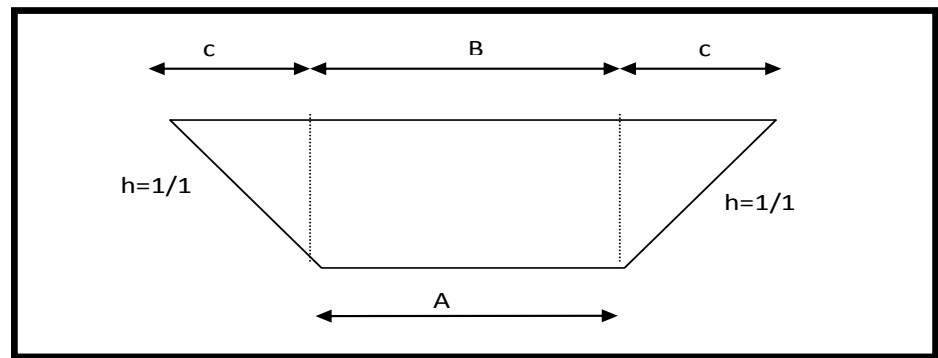


Figure III.7 : Calcul de surfaces cas de déblais

Avec :

- ✓ **h** : différence entre C.T.N et C.P.
- ✓ **A** : largeur de la chaussée + 2 accotements + 2 fossés
- ✓ **SD = Ah + h²**

III. 2. Etude de la variante 1 :

Le tracé en plan de la variante est constitué d'alignement droit et de courbes. L'étude consiste à déterminer les angles aux sommets et les longueurs des tangentes, on procède à la mesure à partir de notre plan topographique dans le but de déterminer les rayons en plan.

1) Coordonnées des sommets

Tableau III.5 : Coordonnées définissant l'axe de 'la variante 1'

Pnt	X(m)	Y(m)
A	230877.8017	3970368.856
S1	230920.0513	3969929.321
S2	231562.0767	3969657.404
B	232087.8102	3969591.589

Les résultats des calculs de l'autre raccordement sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.6 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante1"

Pnt	DX(m)	DY(m)	Gisem (gra)	Distance(m)	bita
A					
S1	42.2496	-439.5348	193.8993	441.5607	/
S2	642.0254	-271.9168	125.5045	697.2341	-68.3948
B	525.7335	-65.8151	107.9284	529.837	-17.5761

2) Détermination de l'environnement de la route

➤ Dénivelée cumulée moyenne :

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

Tableau III.7 : Dénivelée cumulée "Variante 1"

Profil	Distance entre profil	TN	DH
1	0.0000	118.5431	/
2	20.0000	120.8982	2.36
3	20.0000	123.8347	2.94
4	20.0000	125.6627	1.83
5	20.0000	127.0199	1.36

6	20.0000	128.8603	1.84
7	20.0000	129.7735	0.91
8	20.0000	130.5508	0.78
9	20.0000	130.7613	0.21
10	13.5447	131.3733	0.61
11	6.4553	131.6968	0.32
12	20.0000	132.6612	0.96
13	20.0000	133.2538	0.59
14	20.0000	133.6629	0.41
15	20.0000	133.7371	0.07
16	20.0000	133.6150	-0.12
17	20.0000	133.5052	-0.11
18	20.0000	133.5504	0.05
19	20.0000	133.8420	0.29
20	20.0000	134.1598	0.32
21	20.0000	134.8109	0.65
22	20.0000	135.4807	0.67
23	20.0000	136.6235	1.14
24	20.0000	137.9883	1.36
25	20.0000	139.4172	1.43
26	20.0000	141.0642	1.65
27	20.0000	142.7514	1.69
28	20.0000	144.3708	1.62
29	20.0000	145.9428	1.57
30	20.0000	147.4195	1.48
31	20.0000	148.8131	1.39
32	20.0000	150.0519	1.24
33	20.0000	151.1687	1.12
34	20.0000	152.1628	0.99
35	16.9990	152.8902	0.73
36	3.0010	153.0098	0.12
37	20.0000	154.0023	0.99
38	20.0000	154.7962	0.79
39	20.0000	155.2997	0.50
40	20.0000	155.7273	0.43
41	20.0000	156.3476	0.62
42	20.0000	156.9363	0.59
43	20.0000	157.4736	0.54
44	20.0000	157.8296	0.36
45	20.0000	158.2852	0.46
46	20.0000	158.6978	0.41
47	20.0000	159.0517	0.35
48	20.0000	159.4078	0.36
49	20.0000	160.1184	0.71
50	20.0000	160.7603	0.64
51	20.0000	161.5986	0.84
52	20.0000	162.2856	0.69
53	20.0000	162.8481	0.56
54	2.8613	162.8947	0.05

55	17.1387	163.1828	0.29
56	20.0000	163.2976	0.11
57	20.0000	163.1716	-0.13
58	20.0000	162.9884	-0.18
59	20.0000	162.7842	-0.20
60	20.0000	162.5758	-0.21
61	20.0000	162.3132	-0.26
62	20.0000	161.9989	-0.31
63	8.5124	161.8834	-0.12
64	11.4876	161.7498	-0.13
65	20.0000	161.3743	-0.38
66	20.0000	160.8748	-0.50
67	20.0000	160.4994	-0.38
68	20.0000	159.8429	-0.66
69	20.0000	159.4480	-0.39
70	20.0000	159.3910	-0.06
71	20.0000	159.2982	-0.09
72	20.0000	159.3098	0.01
73	20.0000	159.6790	0.37
74	20.0000	159.9924	0.31
75	20.0000	160.2417	0.25
76	20.0000	160.4756	0.23
77	20.0000	160.6430	0.17
78	20.0000	160.7207	0.08
79	20.0000	161.2735	0.55
80	20.0000	161.3356	0.06
81	20.0000	161.5553	0.22
82	20.0000	161.8359	0.28
83	20.0000	161.7040	-0.13
84	20.0000	161.4461	-0.26
85	20.0000	160.9205	-0.53
86	14.9938	/	-0.39
SOMME	1614.9938	/	41.98

$$Dc = \left| \frac{\sum \Delta H}{\sum Dist} \right| = 2,6\% > 1,5\%$$

$$\sum \Delta H = 41,98m$$

$$\sum Dist = L_T = 1614,9938 m$$

$$Dc = \left| \frac{41,98}{1612,9938} \right| = 2,6\% > 1,5\% . \quad \Longrightarrow \text{Terrain vallonné}$$

A partir du tableau III.1 caractérisant les terrains, le terrain de la « variante 1 » est : **Vallonné**

➤ Sinuosité :

$$L_s = 0 \text{ m} , \quad L_T = 1614,9938 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{0}{1614,9938} = 0$$

$$\Rightarrow \sigma = 0$$

A partir du tableau III.2 caractérisant les sinuosités, la sinuosité de « la variante 1 » est **faible**

➤ Environnement de la route :

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents (voir tableau III.3).

Dans notre cas nous avons : **Terrain vallonné, Sinuosité faible**

Donc la variante est **d'environnement : E2**

➤ Vitesse de référence :

En fonction de la catégorie de la route et l'environnement et à partir du tableau III.4

La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr = 80 Km/h**

➤ Rayons en plan :

Tableau III.8 : Rayon en plan "variante 1"

Paramètres	Symboles	Calculé	B 40	Devers
Le rayon minimal absolu(m)	RHm	252	250	7.0 %
Le rayon minimal normal(m)	RHN	492	450	5.0 %
Le rayon au devers minimal(m)	RHd	1008	1000	2,50 %
Le rayon non déversé (m)	RHnd	1439	1400	2,50 %

3) Choix des rayons :

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon RHN.

R1= 450m

R2= 600m

4) Détermination des éléments des Raccordements :

❖ Les résultats dans le tableau suivant :

Tableau III.9 : Eléments des raccordements circulaires "variante 1"

Bitas (β)	Rayon	Tangente	Bissectrice	flèche	Développée
68,3948	450	268,016	73,7677	63,3782	487,3647
17,5761	600	83,356	5,7625	5,7076	165,651

➤ *Longueur totale des alignements droits : LAD*

$$LAD = (d_1 + d_2 + d_3)$$

$$LAD = (173,545 + 345,862 + 446,481)$$

$$LAD = 965,889 \text{ m}$$

➤ *Longueur totale des arcs de cercles : LC*

$$LC = D_1 + D_2$$

$$LC = (268,016 + 487,3647)$$

$$LC = 653,016 \text{ m}$$

➤ *Longueur totale du : LT*

$$LT = LAD + LC$$

$$LT = 965,889 + 653,016$$

$$LT = 1618,905 \text{ m}$$

IL faut vérifier que:

$$20\% \leq \frac{LAD}{LT} \leq 60\%$$

Pourcentage d'alignement droit :

$$20\% \leq \frac{LAD}{LT} = 20\% \leq \frac{965,889}{1618,905} \times 100 = 59,66 = 60 \% \leq 60\%$$



Condition vérifiée

5) Cubatures Approchées :

Tableau III. 10 : Cubatures approchées

N° De profil	Distance	D ENTRE PROFIL	Altitude		H	Surface déblai	Volume déblai	Surface remblai	Volume remblai
			TN	Projet					
1	0.000	0.000	118.543	118.543	0.00	0	0	0	0
2	20.000	20.000	120.898	119.524	1.37	33.479	669.5915392		
3	40.000	20.000	123.834	120.506	3.33	87.640	1752.806874		
4	60.000	20.000	125.662	121.487	4.18	113.46	2269.237901		
5	80.000	20.000	127.019	122.468	4.55	125.38	2507.69202		

6	100.000	20.000	128.860	123.450	5.41	153.69	3073.89436		
7	120.000	20.000	129.773	124.431	5.34	151.39	3027.857178		
8	140.000	20.000	130.550	125.412	5.14	144.56	2891.394328		
9	160.000	20.000	130.761	126.391	4.37	119.61	2392.20148		
10	173.545	13.544	131.373	127.051	4.32	118.06	1599.178004		
11	180.000	6.455	131.696	127.366	4.33	118.35	764.0152902		
12	200.000	20.000	132.661	128.338	4.32	118.11	2362.283288		
13	220.000	20.000	133.253	129.307	3.95	106.34	2126.949031		
14	240.000	20.000	133.662	130.273	3.39	89.459	1789.18244		
15	260.000	20.000	133.737	131.235	2.50	63.789	1275.784039		
16	280.000	20.000	133.615	132.195	1.42	34.671	693.4246408		
17	300.000	20.000	133.505	133.151	0.35	8.2578	165.1566592		
18	320.000	20.000	133.550	134.104	-0.55			-12.292	-245.8458925
19	340.000	20.000	133.842	135.055	-1.21			-25.691	-513.83893
20	360.000	20.000	134.159	136.002	-1.84			-37.280	-745.6009748
21	380.000	20.000	134.810	136.946	-2.14			-42.270	-845.4196288
22	400.000	20.000	135.480	137.889	-2.41			-46.697	-933.9469293
23	420.000	20.000	136.623	138.832	-2.21			-43.490	-869.8150608
24	440.000	20.000	137.988	139.776	-1.79			-36.326	-726.5364077
25	460.000	20.000	139.417	140.724	-1.31			-27.504	-550.0870013
26	480.000	20.000	141.064	141.679	-0.62			-13.581	-271.6378688
27	500.000	20.000	142.751	142.641	0.11	2.5513	51.0277632		
28	520.000	20.000	144.370	143.609	0.76	18.094	361.887645		
29	540.000	20.000	145.942	144.584	1.36	33.093	661.8718792		
30	560.000	20.000	147.419	145.565	1.85	46.073	921.4794888		
31	580.000	20.000	148.813	146.549	2.26	57.183	1143.678645		
32	600.000	20.000	150.051	147.533	2.52	64.265	1285.310771		
33	620.000	20.000	151.168	148.517	2.65	68.012	1360.242439		
34	640.000	20.000	152.162	149.501	2.66	68.300	1366.018291		
35	656.999	16.999	152.890	150.337	2.55	65.228	1108.817186		
36	660.000	3.001	153.009	150.485	2.52	64.442	193.3910725		
37	680.000	20.000	154.002	151.469	2.53	64.683	1293.670178		
38	700.000	20.000	154.796	152.452	2.34	59.386	1187.739098		
39	720.000	20.000	155.299	153.436	1.86	46.317	926.3419282		
40	740.000	20.000	155.727	154.420	1.31	31.761	635.2312978		
41	760.000	20.000	156.347	155.404	0.94	22.580	451.6147522		
42	780.000	20.000	156.936	156.388	0.55	12.989	258.0378882		
43	800.000	20.000	157.473	157.354	0.12	2.7627	55.255605		
44	820.000	20.000	157.829	158.286	-0.46			-10.199	-203.9977877
45	840.000	20.000	158.285	159.186	-0.90			-19.505	-390.10597
46	860.000	20.000	158.697	160.052	-1.35			-28.407	-568.1435088
47	880.000	20.000	159.051	160.885	-1.83			-37.138	-742.7683157
48	900.000	20.000	159.407	161.685	-2.28			-44.611	-892.2338117
49	920.000	20.000	160.118	162.453	-2.33			-45.520	-910.4052852
50	940.000	20.000	160.760	163.195	-2.44			-47.120	-942.4115792
51	960.000	20.000	161.598	163.919	-2.32			-45.302	-906.04877
52	980.000	20.000	162.285	164.551	-2.27			-44.412	-888.2525108
53	1000.000	20.000	162.848	165.083	-2.24			-43.912	-878.24325
54	1002.861	2.8613	162.894	165.151	-2.26			-44.258	-126.6370334
55	1020.000	17.139	163.182	165.514	-2.33			-45.478	-779.4451787
56	1040.000	20.000	163.297	165.846	-2.55			-48.880	-977.61797
57	1060.000	20.000	163.171	166.094	-2.92			-54.407	-1088.148277
58	1080.000	20.000	162.988	166.290	-3.30			-59.589	-1191.797692

59	1100.000	20.000	162.784	166.406	-3.62			-63.631	-1272.626281
60	1120.000	20.000	162.575	166.442	-3.87			-66.508	-1330.163733
61	1140.000	20.000	162.313	166.398	-4.09			-68.929	-1378.590693
62	1160.000	20.000	161.998	166.274	-4.28			-70.920	-1418.414376
63	1168.512	8.5124	161.883	166.197	-4.31			-71.310	-607.0203418
64	1180.000	11.488	161.749	166.070	-4.32			-71.377	-819.9555048
65	1200.000	20.000	161.374	165.816	-4.44			-72.573	-1451.475813
66	1220.000	20.000	160.874	165.561	-4.69			-74.849	-1496.998808
67	1240.000	20.000	160.499	165.307	-4.81			-75.905	-1518.105467
68	1260.000	20.000	159.842	165.052	-5.21			-79.107	-1582.159061
69	1280.000	20.000	159.448	164.797	-5.35			-80.110	-1602.213781
70	1300.000	20.000	159.391	164.542	-5.15			-78.660	-1573.521249
71	1320.000	20.000	159.298	164.287	-4.99			-77.413	-1548.268501
72	1340.000	20.000	159.309	164.032	-4.72			-75.166	-1503.325141
73	1360.000	20.000	159.679	163.777	-4.10			-69.070	-1381.400341
74	1380.000	20.000	159.992	163.522	-3.53			-62.502	-1250.047457
75	1400.000	20.000	160.241	163.267	-3.03			-55.865	-1117.315407
76	1420.000	20.000	160.475	163.013	-2.54			-48.702	-974.0520372
77	1440.000	20.000	160.643	162.758	-2.12			-41.936	-838.7365597
78	1460.000	20.000	160.720	162.503	-1.78			-36.231	-724.6308125
79	1480.000	20.000	161.273	162.248	-0.97			-20.995	-419.9009488
80	1500.000	20.000	161.335	161.993	-0.66			-14.480	-289.6069748
81	1520.000	20.000	161.555	161.738	-0.18			-4.1632	-83.2651328
82	1540.000	20.000	161.835	161.483	0.35	8.2270	164.5403058		
83	1560.000	20.000	161.704	161.228	0.48	11.157	223.1562018		
84	1580.000	20.000	161.446	160.973	0.47	11.085	221.7193458		
85	1600.000	20.000	160.920	160.718	0.20	4.6774	93.5488512		
86	1614.994	14.993	160.527	160.527	0.00	0	0	0	0

Volume de remblai : -43370.78005m³

Volume de déblai : 43325.22971m³

Excès de remblai :-45.55034899m³

III. 3. Etude de la variante 2 :

1) Coordonnées des sommets :

Tableau III.11 : Coordonnées définissant l'axe de 'la variante 2'

Pnt	X (m)	Y (m)
A	230876.2187	3970368.6861
S1	230850.8836	3969911.0686
B	232089.6893	3969569.3814

Les calculs de gisements et des angles au centre sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.12 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante2"

Directions	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	Gisement (gra)	Distance	Beta
S1A	-25.3351	-457.6175	203.5209	458.3182	\
S1B	1238.8057	-341.6872	117.1332	1285.0641	86.3877

2) Détermination de l'environnement de la route

➤ Dénivelée cumulée moyenne :

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

Tableau III.13 : Dénivelée cumulée "Variante 2"

Profil	Distance entreprofil	TN	DH
1	0.0000	118.7521	/
2	20.0000	121.4687	2.72
3	20.0000	123.5727	2.10
4	15.2370	124.6471	1.07
5	4.7630	125.2486	0.60
6	20.0000	127.3924	2.14
7	20.0000	128.3494	0.96
8	20.0000	129.0419	0.69
9	20.0000	129.8033	0.76

10	20.0000	130.7944	0.99
11	20.0000	131.8012	1.01
12	20.0000	132.6788	0.88
13	20.0000	133.4358	0.76
14	20.0000	133.8184	0.38
15	20.0000	133.7793	-0.04
16	20.0000	133.5671	-0.21
17	20.0000	133.4784	-0.09
18	20.0000	133.5097	0.03
19	20.0000	133.7745	0.26
20	20.0000	134.0752	0.30
21	20.0000	134.6871	0.61
22	20.0000	135.3715	0.68
23	20.0000	136.3415	0.97
24	20.0000	137.7027	1.36
25	20.0000	139.0737	1.37
26	20.0000	140.7421	1.67
27	20.0000	142.4323	1.69
28	20.0000	144.0416	1.61
29	20.0000	145.6014	1.56
30	20.0000	147.0630	1.46
31	20.0000	148.4680	1.41
32	20.0000	149.6905	1.22
33	20.0000	150.8394	1.15
34	20.0000	151.8579	1.02
35	20.0000	152.7422	0.88
36	20.0000	153.5013	0.76
37	20.0000	154.4426	0.94
38	20.0000	155.0298	0.59
39	13.7243	155.2713	0.24
40	6.2757	155.3802	0.11
41	20.0000	155.8024	0.42
42	20.0000	156.3126	0.51
43	20.0000	156.8447	0.53
44	20.0000	157.2877	0.44
45	20.0000	157.6926	0.40
46	20.0000	158.1831	0.49
47	20.0000	158.4923	0.31
48	20.0000	158.7221	0.23
49	20.0000	159.1873	0.47
50	20.0000	159.8442	0.66
51	20.0000	160.9066	1.06
52	20.0000	161.4616	0.56
53	20.0000	161.8967	0.44
54	20.0000	162.0957	0.20
55	20.0000	162.0402	-0.06
56	20.0000	161.5535	-0.49
57	20.0000	161.3798	-0.17
58	20.0000	161.4225	0.04

59	20.0000	161.3181	-0.10
60	20.0000	160.9219	-0.40
61	20.0000	160.6249	-0.30
62	20.0000	160.4312	-0.19
63	20.0000	160.2050	-0.23
64	20.0000	160.0838	-0.12
65	20.0000	160.0393	-0.04
66	20.0000	159.9931	-0.05
67	20.0000	159.9121	-0.08
68	20.0000	159.9041	-0.01
69	20.0000	159.9358	0.03
70	20.0000	160.0365	0.10
71	20.0000	160.1610	0.12
72	20.0000	160.3045	0.14
73	20.0000	160.4966	0.19
74	20.0000	160.6497	0.15
75	20.0000	160.8233	0.17
76	20.0000	160.7529	-0.07
77	20.0000	161.4324	0.68
78	20.0000	161.5240	0.09
79	20.0000	161.8586	0.33
80	20.0000	162.1941	0.34
81	20.0000	162.0744	-0.12
82	20.0000	161.8643	-0.21
83	20.0000	161.6278	-0.24
84	15.7071	161.4112	-0.22
Somme	1615.7071	/	42.66

$$D_c = \left| \frac{\sum \Delta H}{\sum Dist} \right| = 2,6\% > 1,5\%$$

$$\sum \Delta H = 42.66m$$

$$\sum Dist = LT = 1615.7071m$$

$$D_c = \left| \frac{42.66}{1615.7071} \right| = 2.6\% > 1,5\% \quad \Longrightarrow \quad \text{Terrain vallonné}$$

A partir du tableau III.1 caractérisant les terrains, le terrain de la « variante 2 » est : **Vallonné**

➤ Sinuosité :

$$L_s = 0 \text{ m} \quad , \quad L_T = 1615.7071m \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{0}{1615.7071} = 0$$

$$\Rightarrow \sigma = 0$$

A partir du tableau III.2 caractérisant les sinuosités, la sinuosité de « la variante 2 » est **faible**

➤ Environnement de la route :

Dans notre cas nous avons : **Terrain vallonné, Sinuosité Faible**

Donc la variante est **d'environnement : E2** (tableau III.3)

➤ Vitesse de référence :

La vitesse de référence choisie dans notre projet D'après le tableau III.4 est **Vr =80 Km/h**

3) Détermination des éléments des Raccordements :

Les résultats des calculs de l'outre raccordement sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.14 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2"

Bitas (β)	Rayon	Tangente	Bissectrice	Flèche	Développée
86.3877	550	443.3895	204,41	149,03	746.3362

❖ *Longueur totale des alignements droits : LAD*

$$LAD = (d1 + d2)$$

$$LAB = 14.9287 + 841.6746 = 856,6033\text{m} \quad \mathbf{LAD = 856,6033\text{m}}$$

❖ *Longueur totale des arcs de cercles : LC*

$$LC = D1 \quad \mathbf{LC = 746,3362\text{ m}}$$

❖ *Longueur totale du tronçon : LT*

$$LT = LAD + LC \quad LT = 856,6033 + 746,3362 \quad \mathbf{LT = 1602,9395\text{ m}}$$

IL faut vérifie que:

$$20\% \leq \frac{LAD}{LT} \leq 60\%$$

Pourcentage d'alignement droit :

$$20\% \leq \frac{LAD}{LT} = 20\% \leq \frac{856,6033}{1602,9395} \times 100 = 54\% \leq 60\% \quad \left. \vphantom{\frac{LAD}{LT}} \right\} \mathbf{\text{Condition vérifiée}}$$

4) Cubatures Approchées :

Tableau III.15 : Cubature approchée de la variante 2

N° De pro fil	Distance	D ENTRE PROFIL	Altitude		H	Surface déblai	Volume déblai	Surface remblai	Volume remblai
			TN	Projet					
1	0.0000	0.0000	118.7521	118.7521	0.00	0	0	0	0
2	20.0000	20.0000	121.4687	119.7046	1.76	43.6863	873.7269762		
3	40.0000	20.0000	123.5727	120.6570	2.92	75.5624	1511.24813		
4	55.2370	15.2370	124.6471	121.3827	3.26	85.7375	1306.3824		
5	60.0000	4.7630	125.2486	121.6095	3.64	96.9423	461.7364074		
6	80.0000	20.0000	127.3924	122.5620	4.83	134.431	2688.639283		
7	100.0000	20.0000	128.3494	123.5144	4.84	134.582	2691.6445		
8	120.0000	20.0000	129.0419	124.4669	4.58	126.155	2523.1125		
9	140.0000	20.0000	129.8033	125.4193	4.38	120.051	2401.02912		
10	160.0000	20.0000	130.7944	126.3718	4.42	121.279	2425.583815		
11	180.0000	20.0000	131.8012	127.3243	4.48	123.011	2460.226672		
12	200.0000	20.0000	132.6788	128.2767	4.40	120.626	2412.535688		
13	220.0000	20.0000	133.4358	129.2292	4.21	114.447	2288.945671		
14	240.0000	20.0000	133.8184	130.1817	3.64	96.8696	1937.393738		
15	260.0000	20.0000	133.7793	131.1341	2.65	67.8366	1356.733661		
16	280.0000	20.0000	133.5671	132.0866	1.48	36.2433	724.867605		
17	300.0000	20.0000	133.4784	133.0390	0.44	10.2992	205.9854472		
18	320.0000	20.0000	133.5097	133.9915	-0.48			-10.7332	-214.664063
19	340.0000	20.0000	133.7745	134.9440	-1.17			-24.8469	-496.938093
20	360.0000	20.0000	134.0752	135.8964	-1.82			-36.9124	-738.248917
21	380.0000	20.0000	134.6871	136.8489	-2.16			-42.7113	-854.226623
22	400.0000	20.0000	135.3715	137.8013	-2.43			-47.0295	-940.590159
23	420.0000	20.0000	136.3415	138.7538	-2.41			-46.7541	-935.082261
24	440.0000	20.0000	137.7027	139.7063	-2.00			-40.0611	-801.223611
25	460.0000	20.0000	139.0737	140.6587	-1.59			-32.6866	-653.73325
26	480.0000	20.0000	140.7421	141.6112	-0.87			-18.8562	-377.125956
27	500.0000	20.0000	142.4323	142.5636	-0.13			-2.9940	-59.8808093
28	520.0000	20.0000	144.0416	143.5161	0.53	12.3626	247.253005		
29	540.0000	20.0000	145.6014	144.4686	1.13	27.3376	546.7527168		
30	560.0000	20.0000	147.0630	145.4210	1.64	40.4621	809.24328		
31	580.0000	20.0000	148.4680	146.3735	2.09	52.5604	1051.208605		
32	600.0000	20.0000	149.6905	147.3259	2.36	59.9771	1199.542663		
33	620.0000	20.0000	150.8394	148.2784	2.56	65.4617	1309.23442		
34	640.0000	20.0000	151.8579	149.2309	2.63	67.3221	1346.44258		
35	660.0000	20.0000	152.7422	150.1833	2.56	65.4026	1308.053384		
36	680.0000	20.0000	153.5013	151.1358	2.37	60.0020	1200.041805		
37	700.0000	20.0000	154.4426	152.0883	2.35	59.6916	1193.83257		
38	720.0000	20.0000	155.0298	153.0407	1.99	49.7058	994.1163762		
39	733.7243	13.7243	155.2713	153.6943	1.58	38.7579	531.925445		
40	740.0000	6.2757	155.3802	153.9927	1.39	33.8376	212.3549793		
41	760.0000	20.0000	155.8024	154.9183	0.88	21.1159	422.3186562		
42	780.0000	20.0000	156.3126	155.8033	0.51	11.9732	239.4657298		
43	800.0000	20.0000	156.8447	156.6476	0.20	4.5721	91.4429682		

44	820.0000	20.0000	157.2877	157.4511	-0.16			-3.7181	-74.3630132
45	840.0000	20.0000	157.6926	158.2140	-0.52			-11.5844	-231.688261
46	860.0000	20.0000	158.1831	158.9361	-0.75			-16.4684	-329.36973
47	880.0000	20.0000	158.4923	159.6175	-1.13			-23.9804	-479.609749
48	900.0000	20.0000	158.7221	160.2583	-1.54			-31.7927	-635.854687
49	920.0000	20.0000	159.1873	160.8583	-1.67			-34.2446	-684.89277
50	940.0000	20.0000	159.8442	161.4176	-1.57			-32.4748	-649.496373
51	960.0000	20.0000	160.9066	161.9362	-1.03			-22.0906	-441.813715
52	980.0000	20.0000	161.4616	162.4141	-0.95			-20.5466	-410.932312
53	1000.0000	20.0000	161.8967	162.8512	-0.95			-20.5868	-411.737892
54	1020.0000	20.0000	162.0957	163.2477	-1.15			-24.5053	-490.10688
55	1040.0000	20.0000	162.0402	163.6035	-1.56			-32.2900	-645.800793
56	1060.0000	20.0000	161.5535	163.9185	-2.36			-46.0051	-920.10325
57	1080.0000	20.0000	161.3798	164.1929	-2.81			-52.8310	-1056.62005
58	1100.0000	20.0000	161.4225	164.4265	-3.00			-55.5559	-1111.11952
59	1120.0000	20.0000	161.3181	164.6197	-3.30			-59.5859	-1191.71912
60	1140.0000	20.0000	160.9219	164.7966	-3.87			-66.5981	-1331.963
61	1160.0000	20.0000	160.6249	164.9735	-4.35			-71.6523	-1433.04634
62	1180.0000	20.0000	160.4312	165.1505	-4.72			-75.1362	-1502.72423
63	1200.0000	20.0000	160.2050	165.3274	-5.12			-78.4567	-1569.13455
64	1220.0000	20.0000	160.0838	165.5043	-5.42			-80.5987	-1611.97539
65	1240.0000	20.0000	160.0393	165.6813	-5.64			-82.0177	-1640.35508
66	1260.0000	20.0000	159.9931	165.8402	-5.85			-83.2004	-1664.00865
67	1280.0000	20.0000	159.9121	165.9235	-6.01			-84.0568	-1681.1361
68	1300.0000	20.0000	159.9041	165.9268	-6.02			-84.1127	-1682.25454
69	1320.0000	20.0000	159.9358	165.8501	-5.91			-83.5604	-1671.20967
70	1340.0000	20.0000	160.0365	165.6934	-5.66			-82.1079	-1642.15847
71	1360.0000	20.0000	160.1610	165.4567	-5.30			-79.7344	-1594.68885
72	1380.0000	20.0000	160.3045	165.1497	-4.85			-76.2256	-1524.51311
73	1400.0000	20.0000	160.4966	164.8325	-4.34			-71.5256	-1430.51314
74	1420.0000	20.0000	160.6497	164.5153	-3.87			-66.4945	-1329.8901
75	1440.0000	20.0000	160.8233	164.1980	-3.37			-60.5351	-1210.704
76	1460.0000	20.0000	160.7529	163.8808	-3.13			-57.2660	-1145.32125
77	1480.0000	20.0000	161.4324	163.5636	-2.13			-42.2045	-844.091597
78	1500.0000	20.0000	161.5240	163.2464	-1.72			-35.1652	-703.304147
79	1520.0000	20.0000	161.8586	162.9292	-1.07			-22.9045	-458.090469
80	1540.0000	20.0000	162.1941	162.6120	-0.42			-9.3497	-186.994788
81	1560.0000	20.0000	162.0744	162.2947	-0.22			-4.9941	-99.8820373
82	1580.0000	20.0000	161.8643	161.9775	-0.11			-2.5843	-51.6875728
83	1600.0000	20.0000	161.6278	161.6603	-0.03			-0.7459	-14.9183125
84	1615.7071	15.7071	161.4112	161.4112	0.00	0	0	0	0

Volume de remblai :-43861.5072m³

Volume de déblai : 40973.0208m³

Excès de Déblai : -2888.48643m³

III. 4. Choix de la variante

Pour le choix de variante, on a dressé un tableau comparatif des deux solutions étudiées.

Ce tableau tient compte de plusieurs paramètres forts importants pour nous faciliter le choix de la variante qui répond aux normes.

Tableau III.16 : Comparaison entre les deux variantes

Critères	Unité	Variante N°1	Variante N°2	V1	V2
Longueur totale de l'itinéraire	M	1614.9938	1615.7071	+	-
Déclivités max	%	4,919	4,762	+	+
Déclivités min	%	1,274	1,586	+	+
Pourcentage Alignement droit	%	60	54	+	-
Nombre de courbes		2	1	-	+
Quantité de déblai	m ³	43325.22971	2888.48643	-	+
Quantité de remblai	m ³	-43370.78005	-43861.5072	+	-
Déblai – Remblai	m ³	-45.55034899	-2888.48643	+	-
Domaine privé à exproprier	/	Autre propriété privé d'une superficie de x m ²	/	+	-
Prix approximatif du km	DA	242249070000	242356065000	+	-
				8	4

➤ **Conclusion :**

D'après l'analyse comparative des deux variantes, la réalisation de **la Variante 1** qui présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses est recommandées.

Phase APD

Etude de la variante

Chapitre IV : profil en long

IV. 1. Introduction :

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

Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes.

Définition :

C'est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et de des raccordements circulaires, ou paraboliques. Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants. La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

Les principes paramètres du choix d'un profil en long sont :

- ♦ Un bon écoulement des eaux pluviales
- ♦ Une limitation des déclivités suivant normes
- ♦ Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants) ^[12]

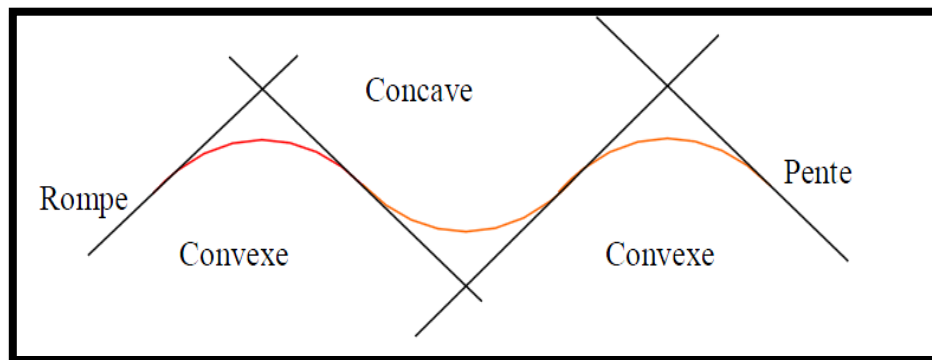


Figure IV.1 : Raccordement en profil en long

IV. 2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long : ^[12]

Le coût d'une construction routière varié en fonction de son profil en long, les coûts d'exploitation des véhicules empruntant la route et le nombre d'accident, à cet effet, quelques règles pratiques régissant celui-ci doivent être suivies :

- ❖ Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

- ❖ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ❖ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ❖ 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.
- ❖ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ❖ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ❖ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
 - Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
 - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
 - Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV. 3. Eléments de composition du profil en long :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon. ^[16]

➤ Types de rayons :

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

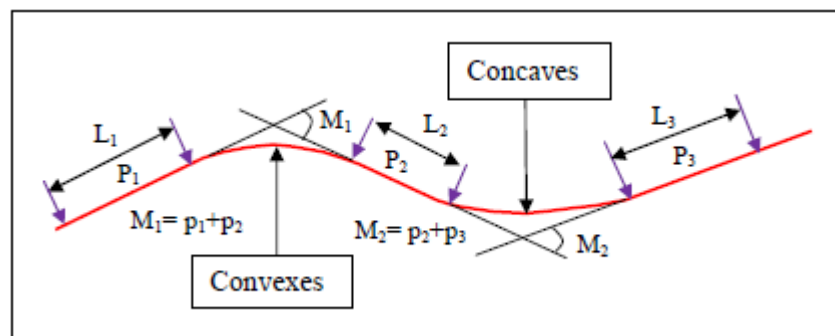


Figure IV.2 : Elément géométriques du profil en long ^[12]

IV. 4. Coordination du tracé en plan et profil en Long : ^[12]

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin :

- ❖ D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- ❖ D'envisager de loin l'évolution du tracé.

- ❖ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
 - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
 - D'amorcer la courbe en plan avant un point haut Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
 - De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

IV. 5. Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. ^[12]

IV. 5.1 Déclivités minimales :

- ❖ Il est recommandé d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0.5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.
- ❖ Dans les longues sections en déblais on prend $I_{min} = 0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

IV. 5.2 Déclivités maximales :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

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

Tableau IV.1 : Valeur de la déclivité maximale

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

Pour notre cas la vitesse $V_r=80$ Km/h donc la pente maximale $I_{max} = 6\%$.

IV. 6. Raccordements en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe.

Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :^[16]

IV. 6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ❖ condition de confort.
- ❖ condition de visibilité.

➤ *Condition de confort :*

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

$$\frac{g}{40} \longrightarrow \text{(Cat 1-2)}$$

$$\frac{g}{30} \longrightarrow \text{(Cat 3-4-5)}$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{Vr^2}{Rv} < \frac{g}{40} \quad \text{Avec } g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et} \quad v = \frac{Vr}{3.6}$$

$$\text{Pour (Cat 1-2)} \quad Rv \geq 0,3 V_2^2$$

$$\text{Pour (Cat 3-4-5)} \quad Rv \geq 0,23 V_2^2$$

Tel que :

Rv : C'est le rayon vertical (m).

Vr : vitesse de référence (km /h).

➤ *Condition de visibilité :*

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$Rv \geq \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

Avec :

d₁ : distance d'arrêt (m).

h₀ : hauteur de l'oeil (m).

h₁ : hauteur de l'obstacle (m).

➤ Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (d'après le B₄₀) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Rayon Convexes (angle saillant)

	V (km/h)	40	60	80	100	120
	RAYON					
Chaussée unidirectionnelle (4 voies ou 2x2 voies)	R_{vm}	300	1000	2500	6000	12000
	R_{vn}	1000	2500	6000	12000	18000
	R_{VD}	500	1500	4500	10000	20000

IV. 6.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des Eaux de ruissellement.

Est la tangente de l'angle entre les alignements du profil en long et l'horizontale. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et pente dans le cas contraire.

A partir du tableau ci-dessous, on peut déterminer les plus convenables.

Tableau IV. 3 : Rayon Concave (angle rentrant)

		V (km/h)	40	60	80	100	120
Rayons							
CAT	Rvm	5000	1200	2400	3000	4200	
1-2	Rvn	1200	2400	3000	4200	6000	

IV. 7. Calcul du profil en long :

1) Détermination pratique du profil en long :

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

À l'équation de la parabole : $X^2 - 2 R Y = 0 \quad \rightarrow \quad Y = \frac{X^2}{2 R}$

Pratiquement, le calcul des raccords se fait de la façon suivante (voire la figure III.20) :

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

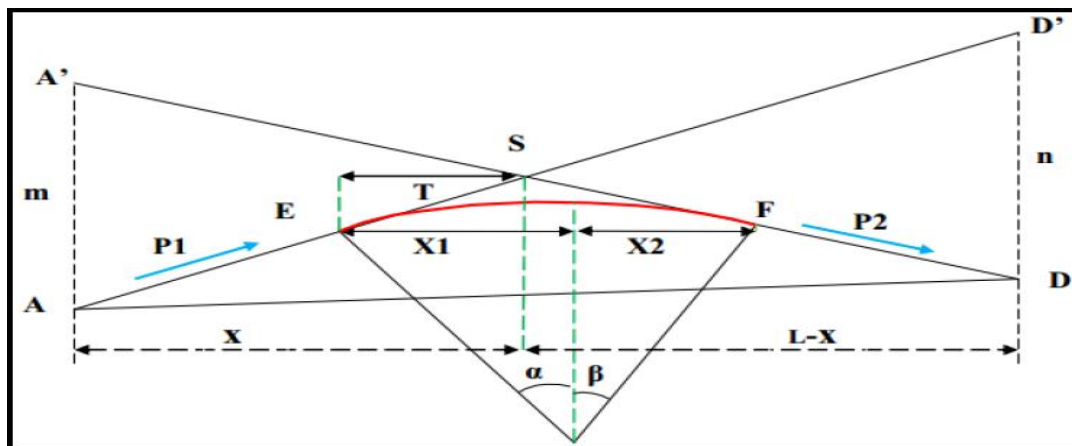


Figure IV.3 : Schéma de la courbe du profil en long

1/ les déclivités: rampe: 4.907% , rampe: 4.716% , R: 6000

$$\begin{cases} x1 = 0.04907 \times 6000 = 294.42 \\ y1 = \frac{(0.04907)^2 \times 6000}{2} = 7.22 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x2 = 0.04716 \times 6000 = 282.96 \\ y2 = \frac{(0.04716)^2 \times 6000}{2} = 6.67 \end{cases}$$

2/ les déclivités : rampe : 4.716% · rampe : 4.919% · R : 3000

$$\begin{cases} x1 = 0.04716 \times 3000 = 141.48 \\ y1 = \frac{(0.04716)^2 \times 3000}{2} = 3.34 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x2 = 0.04919 \times 3000 = 147.57 \\ y2 = \frac{(0.04919)^2 \times 3000}{2} = 3.63 \end{cases}$$

3/les déclivités : rampe : 4.919% · rampe : 3.709% · R : 6000

$$\begin{cases} x1 = 0.04919 \times 6000 = 295.14 \\ y1 = \frac{(0.04919)^2 \times 6000}{2} = 7.26 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x2 = 0.03709 \times 6000 = 222.54 \\ y2 = \frac{(0.03709)^2 \times 6000}{2} = 4.13 \end{cases}$$

4/les déclivités : rampe : 3.709% · rampe : 1.191% · R : 6000

$$\begin{cases} x1 = 0.03709 \times 6000 = 1483.6 \\ y1 = \frac{(0.03709)^2 \times 6000}{2} = 275.13 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x2 = 0.01191 \times 6000 = 71.46 \\ y2 = \frac{(0.01191)^2 \times 6000}{2} = 0.43 \end{cases}$$

5/les déclivités : rampe : 1.191% , rampe : -1.274% , R : 3000

$$\begin{cases} x1 = 0.01274 \times 3000 = 38.22 \\ y1 = \frac{(0.01274)^2 \times 3000}{2} = 0.24 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x2 = 0.01191 \times 3000 = 35.73 \\ y2 = \frac{(0.01191)^2 \times 3000}{2} = 0.21 \end{cases}$$

a) Calcul des tangentes :

➤ Dans le cas où les déclivités sont de sens contraire :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p + p')$$

➤ Dans le cas où les déclivités sont de même sens :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p - p')$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = 4.907 \% \\ P_2 = 4.716 \% \end{array} \right. \quad R_1 = 6000 \text{ m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{6000 |0.04907 - 0.04716|}{2} = 5.73 \text{ m}$$

b) Calcul de la flèche :

$$\Rightarrow f = \frac{a^2}{2Rv} = \frac{(5.73)^2}{2 \times 6000} = 0.0027 \text{ m}$$

❖ Tableau récapitulatif :

Tableau IV .4 : Valeurs de tangente et la flèche

P₁ % P₂ %	Rayon (m)	Tangente (m)	Flèche (m)
4.907 4.716	6000	5.73	0.0027
4.716 4.919	3000	33.62	0.188
4.919 3.709	6000	36.30	0.109
3.709 1.191	6000	75.54	0.476
1.191 -1.274	3000	47.76	0.380

IV.8. Application sur la variante choisie :

1. Les coordonnées des points au sommet de la variante :

Le tableau suivant récapitule les coordonnées des sommets de notre projet :

Tableau IV.5 : Coordonnées des sommets de la variante 2

Pnt	X(m)	Y(m)
A	230877.8017	3970368.856
S1	230920.0513	3969929.321
S2	231562.0767	3969657.404
B	232087.8102	3969591.589

- Rayons de courbures :

R1= 450m

R2= 600m

2. Raccordement progressif (clothoïde) :^[16]

La clothoïde est une variation de la courbure permettant de passer d'un dévers à un dévers max pour :

- Permettre l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.
- Faciliter la manœuvre du véhicule en abordant un virage qui peut braquer très progressivement.

La clothoïde se trouve entre les alignements droits et les cercles, pour cela sa détermination sera de vérifier ces trois(3) conditions :

- Condition d'optique.
- Condition de gauchissement.
- Condition confort dynamique.

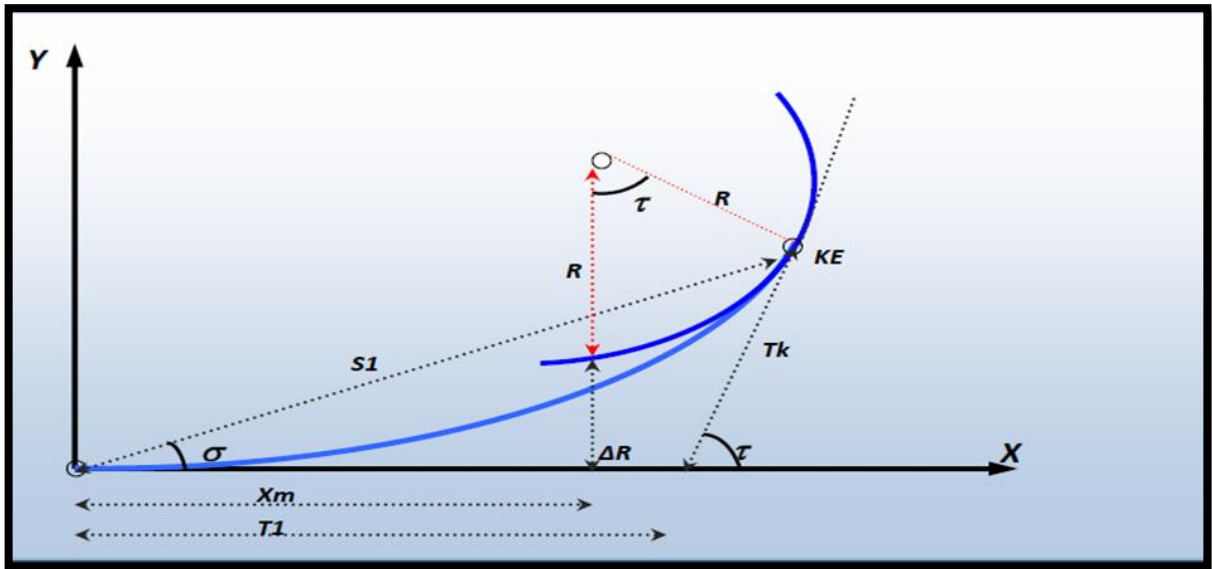


Figure IV.4 : Eléments de la clothoïde

A : paramètre de la Clothoïde.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

σ : angle polaire.

SL : corde $KE - KA$.

M : centre du cercle d'abscisse X_m .

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

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

X : abscisse de KE

Y : ordonnée de KE

3. Détermination de la longueur de la clothoïde :^[16]

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

a) Condition d'optique :

Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible

- Pour des rayons $R \leq 1500\text{m}$:

$$\Delta R = L / 24 R \geq 0.5 \quad \Rightarrow \quad L_1 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

- Pour $1500 < R < 5000\text{m}$:

$$\Delta R = 1\text{m à } 1.75\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_1 \geq R / 9$$

- Pour $R > 5000\text{m}$

$$\Delta R = 2.5\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_1 \geq 7.75\sqrt{R}$$

- b) Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée par rapport à celle de son axe.

$$L_3 \geq I \cdot \Delta d \cdot V_r$$

V_r : vitesse de référence (km/m).

Δd : variation de dévers(%).

I : largeur totale de la chaussée.

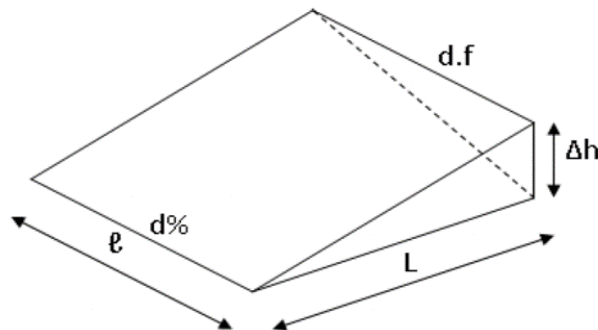


Figure IV. 5 : Condition de gauchissement

- c) Condition de confort dynamique :

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

V_r : vitesse de référence (km/m).

R : rayon du cercle (m).

Remarque : la longueur de la clothoïde $L = \text{Max}(L_1, L_2, L_3)$

d) Vérification de non chevauchement :

a) 1^{er} cas :

$\tau = \frac{y}{2}$: les deux alignements sont raccordés par les deux branches de clothoïde symétrique.

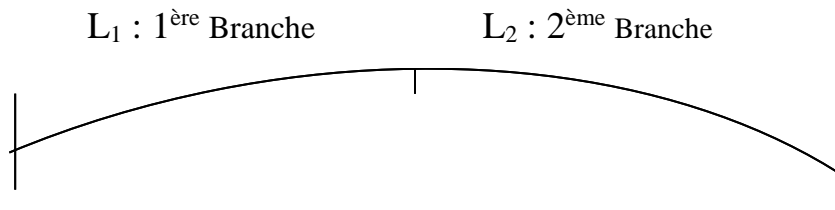


Figure IV.6 : Clothoïde sans arc de cercle

b) 2^{ème} cas :

$\tau < \frac{y}{2}$: les deux alignements sont raccordes par deux branches de clothoïde symétrique avec arc de cercle

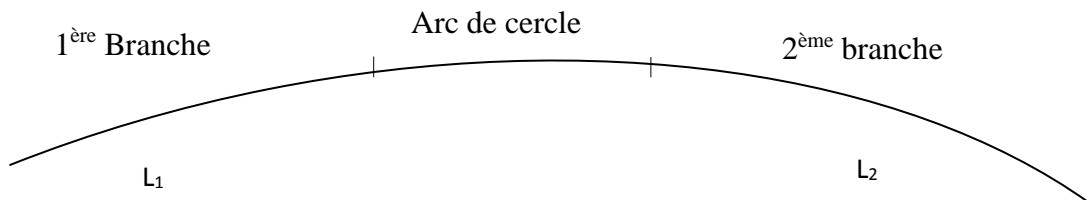


Figure IV.7 : Clothoïde avec un arc de cercle

c) 3^{ème} cas :

$\tau > \frac{y}{2}$: Dans ce cas-là, il est impossible d'utiliser la clothoïde (chevauchement)

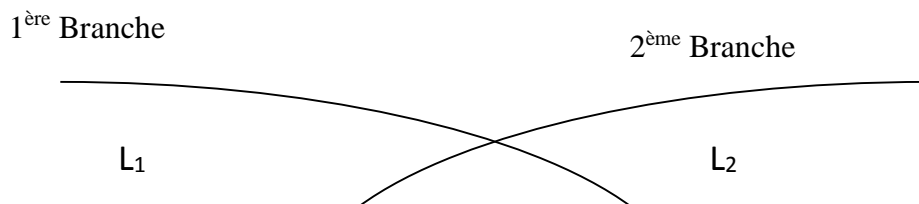


Figure IV.8 : Clothoïde impossible

4. Devers associés : ^[16]

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée.

L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres :

- Paramètres indépendants de la route : intensité et durée de la pluie
- Paramètres liés à la route : nature et état du revêtement de surface

a. Devers vers l'intérieur des courbes :

En courbe, le devers permet de :

- ❖ assurer un bon écoulement des eaux superficielles
- ❖ compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules
- ❖ améliorer le guidage optique.

Le devers maximal admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV.6 : Valeurs des devers en fonction de la catégorie

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
<i>Dmin</i>	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
<i>dmax</i>	7%	7%	8%	8%	9%

b. Détermination du coefficient transversal f_t :

Tableau IV.7 : Valeur du coefficient transversal " f_t "

V_r	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,1	0,1
CAT 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

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

Tableau IV.8 : Valeurs du coefficient "F" « variante 01 »

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

d. Détermination des dévers associés aux rayons en plan :^[16]

1^{er} cas :

Le rayon choisi : $R \geq R_{HNd}$ → Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit

2^{ème} cas :

Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd}$ → Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3^{ème} cas :

Si $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{HN} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

4^{ème} cas :

Si $R_{Hm} < R < R_{HN}$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

5. Application au projet :

a. Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisi :

➤ 1^{er} rayon :

$$R = 450 \text{ m} \Rightarrow R_{Hm} \leq R \leq R_{HN}$$

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

$$\frac{d(R)-0.05}{\frac{1}{450}-\frac{1}{500}} = \frac{0.07-0.05}{\frac{1}{250}-\frac{1}{500}} \longrightarrow d(R) = 5.2\%$$

➤ 2^{ème} rayon :

$$R = 600 \text{ m} \Rightarrow R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$$

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

$$\frac{d(R)-0.025}{\frac{1}{600}-\frac{1}{1000}} = \frac{0.05-0.025}{\frac{1}{500}-\frac{1}{1000}} \longrightarrow d(R) = 4.1\%$$

b. Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :

❖ Condition optique :

$$R \leq 1500 \longrightarrow \Delta R = 1 \text{ m} \longrightarrow L_1 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

$$\checkmark \text{ R} = 450 \text{ m}$$

$$L_1 \geq \sqrt{24 \times 450 \times 1} \longrightarrow L_1 \geq 103.9230 \text{ m}$$

$$\checkmark \text{ R} = 600 \text{ m}$$

$$L_1 \geq \sqrt{24 \times 600 \times 1} \longrightarrow L_1 \geq 120 \text{ m}$$

❖ Condition de confort dynamique :

$$L_2 \geq \frac{v_r^2}{18} \left(\frac{v_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

$$\text{R} = 450 \text{ m} \quad \Delta d = 5.2 - (-2.5) = 7.7\%$$

$$L_2 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 450} - 0.077 \right) \longrightarrow L_2 = 12.4397 \text{ m}$$

$$\text{R} = 600 \text{ m} \quad \Delta d = 4.1 - (-2.5) = -6.6\%$$

$$L_2 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 600} - 0.066 \right) \longrightarrow L_2 \geq 6.3983 \text{ m}$$

❖ Condition de gauchissement :

$$L_3 \geq L \times \Delta d \times V_r$$

$$\text{R} = 450 \text{ m}$$

$$L_3 \geq 23 \times 0.077 \times 80 \longrightarrow L_3 \geq 147.68 \text{ m}$$

$$\text{R} = 600 \text{ m}$$

$$L_3 \geq 23 \times 0.066 \times 80 \longrightarrow L_3 \geq 121.44 \text{ m}$$

- ✓ Les résultats pour les deux virages de la longueur, la vérification au non chevauchement et les paramètres de la clothoïde sont récapitulés dans les deux tableaux suivants :

Tableau IV.9 : Longueur de la Clothoïde « L »

Conditions	1 ^{ère} virage	2 ^{ème} virage
Gauchissement	$L1 \geq 103.9230$ m	$L1 \geq 120$ m
Confort dynamique	$L2 \geq 12.4397$ m	$L2 \geq 6.3983$ m
Optique	$L3 \geq 141.68$ m	$L3 \geq 121.44$ m
chevauchement	$\tau = 10.19$ gr	$\tau = 7$
	$\beta/2 = 34.1974$ gr	$\beta/2 = 8.7881$ gr
	Pas de chevauchement	Pas de chevauchement
L max	141.68 m	121.44 m
L choisie	142 m	122 m

Avec : 1^{er} virage R = 450 m et 2^{ème} virage R = 600 m

c. Calcul des paramètres d'un chaque Clothoïde

Tableau IV.10 : Eléments de la clothoïde de la varaité choisi

Les éléments de la clothoïde		Virage 1	Virage 2
R	Rayon	450 m	600 m
L	Longueur de la clothoïde	142 m	122 m
$A = \sqrt{R \cdot L}$	Paramètre de la clothoïde	252.7845	270.5550
$\alpha = 200 - \beta$	angle au sommet	131.6052 gr	182.4239
β	angle au centre	68.3948 gr	17.5761 gr
$\tau = \frac{L}{2R}$	angle des tangentes	10.19 gr	7.00 gr
$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	angle au centre Partie circulaire	48.0148 gr	3.5761 gr

$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40R^4}$	abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	142	122
$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$	ordonnée de l'extrémité de la clothoïde	7.4681	4.1344
$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	angle Polaire	3.3450 gr	2.1566 gr
D cercle : $D = \frac{\pi R \gamma}{200}$	Long, de la partie circulaire	339.3966 m	33.7039 m
$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	longueur de la corde KA-KE	142.1962 m	122.0700 m
$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$	abscisse du centre	140.8690 m	120.9633 m
$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$	ordonnées du centre	457.4666 m	604.1335 m
$KA \text{ cw} O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2}$	W	478.6646 m	616.1245 m
$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$	Ripage	1.87 m	0.01 m
$DT = 2L + D_{\text{cercle}}$	Développée totale	623.3966 m	277.7039 m
$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	Tangente courte	46.8567 m	37.6765 m
$TL = X_{KE} - \left(\frac{Y_{KE}}{\cos \tau} \right)$	Tangente longue	134.4352 m	117.8405 m
$B = \frac{(R + \Delta R)}{\cos \frac{\alpha}{2}}$	Bissectrice	883.0624 m	4360.3994 m

6. Variation du dévers dans la clothoïde :

La variation du dévers commence à partir du début de la clothoïde jusqu'à la fin de ce dernier, la variation du dévers consiste à diminuer la force centrifuge qui tend à faire dérapier et basculer le véhicule vers l'extérieur de la chaussée et garde sa stabilité.

Selon la variation du dévers et la longueur de la clothoïde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la clothoïde.

Cette méthode consiste à déterminer la distance (X) entre le début de la clothoïde et le profil en travers et déterminer son dévers.

❖ Clothilde 1 :

- $R = 450 \text{ m}$ $L = 142 \text{ m}$ $d(R) = 5.2\%$ $d_{\text{min}} = 2.50\%$ $\Delta d = 7.7\%$

$$\frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 142}{7.7} = 110.65 \text{ m}$$

$$d_{\text{ext}} = [(\Delta d/L) \times X] - d_{\text{min}} \quad d_{\text{int}} = \begin{cases} d_{\text{min}} & \text{si } x < \frac{6L}{\Delta d} \\ d_{\text{ext}} & \text{si } x > \frac{6L}{\Delta d} \end{cases}$$

Tableau IV.11 : Variation de devers pour le rayon 450m

L = 142,00 m		x = 110,65 m	
N° Profil	Xi	dext	dint
KA	0	-2,50%	-2,50%
P1	10	-1,96%	-2,50%
P2	20	-1,42%	-2,50%
P3	30	-0,88%	-2,50%
P4	40	-0,33%	-2,50%
P5	50	0,21%	-2,50%
P6	60	0,75%	-2,50%
P7	70	1,30%	-2,50%
P8	80	1,84%	-2,50%
P9	90	2,38%	-2,50%
P10	100	2,92%	-2,50%
P11	110	3,46%	3,46%
P12	120	4,01%	4,01%
P13	130	4,55%	4,55%
P14	140	5,09%	5,09%
KE	142	5,20%	5,20%

❖ Clothilde 2 :

- $R = 600 \text{ m}$ $L = 122 \text{ m}$ $d(R) = 4.1\%$ $d_{\min} = 2.50\%$ $\Delta d = 6.6\%$

$$\frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 122}{6.6} = 110.91 \text{ m}$$

Tableau IV.12 : Variation de devers pour le rayon 600m

L = 122,00 m		x = 110,91 m	
N° Profil	Xi	dext	dint
KA	0	-2,50%	-2,50%
P1	10	-1,96%	-2,50%
P2	20	-1,42%	-2,50%
P3	30	-0,88%	-2,50%
P4	40	-0,33%	-2,50%
P5	50	0,21%	-2,50%
P6	60	0,75%	-2,50%
P7	70	1,30%	-2,50%
P8	80	1,84%	-2,50%
P9	90	2,38%	-2,50%
P10	100	2,92%	-2,50%
P11	110	3,46%	3,46%
P12	120	4,01%	4,01%
KE	122	4,10%	4,10 %

Chapitre V : Paramètres cinématique

V. 1. Définition :

Les paramètres cinématique sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route, ces paramètres sont :^[16]

- Distance minimale de freinage.
- Temps de perception et de réaction.
- Distance d'arrêt.
- Espace ment entre véhicules.

Distance de manœuvre et de dépassement

V. 2. Distance minimale de freinage :

La distance de freinage « d_0 » est la distance parcouru pendant l'action de freinage qui fait passer de V à 0 dans la condition conventionnelle du chaussée mouille. La distance de freinage « d_0 » varie en fonction de la pente longitudinale de la chaussée.^[16]

$$d_{0(m)} = 0.04 \frac{V_r^2}{g(f_1 \pm i)}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence $V_r = 100$ Km/h

g : accélération de la pesanteur = 9.81 m/s²

f_l : coefficient de frottement

i : rampe ou pente

$$\text{Palier : } \implies d_0 = 0.04 \frac{V_r^2}{g f_l}$$

$$\text{Pente : } \implies d_0 = 0.04 \frac{V_r^2}{g(f_l - i)}$$

$$\text{Rampe : } \implies d_0 = 0.04 \frac{V_r^2}{g(f_l + i)}$$

Le tableau suivant donne les valeurs de (f_l) retenues pour l'Algérie d'après B40.

Tableau V .1 : Coefficient de frottement longitudinal selon le B-40

Cat V_r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
Cat 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.036	/

V. 3. Distance d'arrêt en alignement droit (d1) :

C'est la distance minimum parcourue par un véhicule entre le moment où l'obstacle devient visible et celui où le véhicule s'arrête.^[16]

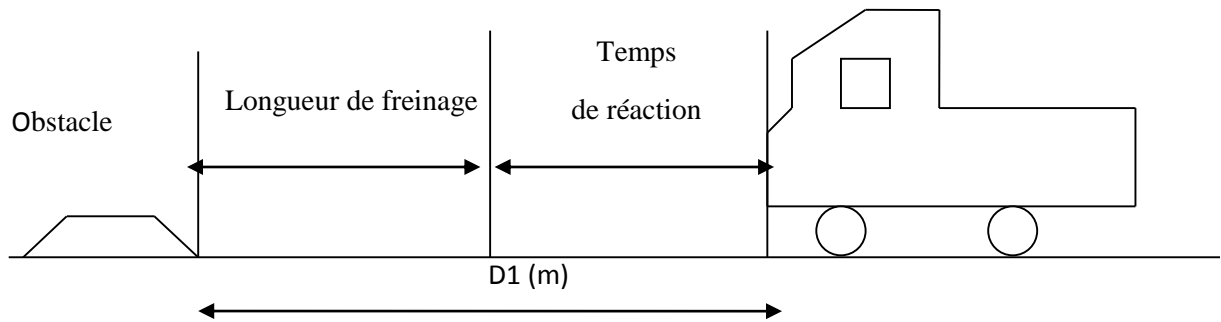


Figure V.1 : Distance d'arrêt en alignement droit.

$$V_r > 80 \text{ (km/h)} \quad t = 1.8 \text{ s} \rightarrow \quad d_1 = d_0 + 0.50 V_r \text{ (km/h)}$$

$$V_r \leq 80 \text{ (km/h)} \quad t = 2 \text{ s} \rightarrow \quad d_1 = d_0 + 0.56 V_r \text{ (km/h)}$$

$$\text{Pour } V_r = 80 \text{ km/h} \rightarrow t = 2 \text{ s}$$

V. 4. Distance d'arrêt en courbes (d2) :

$$V_r > 60 \text{ (km/h)} \quad t = 1.8 \text{ s} \rightarrow \quad d_2 = 1.25 \times d_0 + 0.50 V_r$$

$$V_r \leq 60 \text{ (km/h)} \quad t = 2 \text{ s} \rightarrow \quad d_2 = 1.25 \times d_0 + 0.56 V_r$$

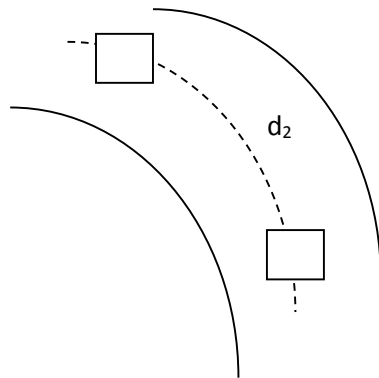


Figure V.2 : Distance d'arrêt en courbe.

V. 5. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement :

C'est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine. Valeurs retenues (voir tableau ci-après)^[16]

Tableau V.2 : Distance de visibilité, de manœuvre et de dépassement.

	Vr (km/h)	40	60	80	100	120
	Toutes catégories	Distance de visibilité et de dépassement	150	250	325	425
	▪ Forcée $d_{vdf}(m)$	250	350	500	625	800
	▪ Normale $d_{vdn}(m)$					
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement d_{md}	70	120	200	300	425

V. 6. Distance de sécurité entre véhicules :

C'est la distance de sécurité, nécessaire entre deux véhicules qui se suivent pour éviter toute collision. Il suffit que l'intervalle soit supérieur à la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction.

[16]

$$E = a + bv + c \cdot v^2$$

$$D = E = 8 + 0.2Vr + 0.003 \cdot Vr^2$$

$$\text{Donc : } E = 8 + 0.2 \times 80 + 0.003 \times 80^2 = 43.2 \text{ m}$$

V. 7. Application au projet :

➤ Distance de freinage :

On a : Catégorie 1 $Vr = 80 \text{ km/h}$ $f_l = 0.39$

Calcul : Variante du projet

En palier : $P_1 = 0$

$$d_0 = 0.04 \frac{80^2}{10(0.39)} = 65.64 \text{ m}$$

En pente : $P_2 = -1.274 \%$

$$d_0 = 0.04 \frac{80^2}{10(0.39 - 0.01274)} = 63.56 \text{ m}$$

En rampe : $P_3 = 4.907\%$

$$d_0 = 0.04 \frac{80^2}{10(0.39+0.04907)} = \mathbf{58.31 \text{ m}}$$

En rampe : **p4=1.191%**

$$d_0 = 0.04 \frac{80^2}{10(0.39+0.01191)} = \mathbf{63.70 \text{ m}}$$

➤ Distance d'arrêt en alignement droit (d1) :

Pour $d_0 = 65.64 \text{ m}$ **→** $d_1 = 65.64 + 0.55(80) = \mathbf{109.64 \text{ m}}$

Pour $d_0 = 63.56 \text{ m}$ **→** $d_1 = 63.56 + 0.55(80) = \mathbf{107.56 \text{ m}}$

Pour $d_0 = 58.31 \text{ m}$ **→** $d_1 = 58.31 + 0.55(80) = \mathbf{102.31 \text{ m}}$

Pour $d_0 = 63.70 \text{ m}$ **→** $d_1 = 63.70 + 0.55(80) = \mathbf{107.70 \text{ m}}$

➤ Distance d'arrêt en courbe :

Pour $d_1 = 109.64 \text{ m}$ **→** $d_2 = 1.25 (109.64) + 0.55(80) = \mathbf{181.05 \text{ m}}$

Pour $d_1 = 107.56 \text{ m}$ **→** $d_2 = 1.25 (107.56) + 0.55(80) = \mathbf{178.45 \text{ m}}$

Pour $d_1 = 102.31 \text{ m}$ **→** $d_2 = 1.25 (102.31) + 0.55(80) = \mathbf{171.89 \text{ m}}$

Pour $d_1 = 107.56 \text{ m}$ **→** $d_2 = 1.25 (107.56) + 0.55(80) = \mathbf{178.63 \text{ m}}$

Chapitre VI : Etude de trafic

VI. 1. Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle 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.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. ^[16]

VI. 2. Calcul de la capacité : ^[12]

a) Définition de la capacité :

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

La capacité dépend :

- ❖ Des conditions météorologiques.
- ❖ Des conditions de trafic.
- ❖ 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).

b) La procédure de détermination de nombre de voies :

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

Le Trafic Moyen Journalier Annuel (**TMJA**) égal au trafic total de l'année divisé par le nombre de jour ; on l'exprime en véhicules/jour.

c) Calcul de Trafic à un horizon donné « TJMAh ».

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le TJMA évolue d'une année à l'autre Soit :

- **TJMA_h** le trafic à l'année horizon.
- **TJMA₀** le trafic à l'année origine (comptage).

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est : [1]

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

● $TJMA_1$: l'année de mise en service.

$$T_1 = T_0 \times (1 + \tau)^n$$

$$T_n = T_1 \times (1 + \tau)^n$$

Avec :

n : la durée de vie

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

a) Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P) (tableau ci-dessous).

Le trafic effectif donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z]. TJMA_h \quad (III.2)$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Tableau VI.1 : Coefficient d'équivalence 'P'

Environnement Routes	Environnement		
	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

- **Catégorie de la route :**

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés ; cependant la route de notre projet appartient à la catégorie C1.

d) Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon **h**, il est exprimé en (uvp) et donné par la formule :

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} \quad (\text{III.3})$$

Avec :

n : nombre d'heure, (en général **n=8heures**)

(1/n) = 0.12 Coefficient de pointe

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}} \quad (\text{III.4})$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire exprimé en (uvp/h).

n : nombre d'heure, (en général **n = 8 heures**).

T_{eff} : trafic effectif

e) Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}} \text{ (uvp/h)} \quad (\text{III.5})$$

Avec :

K₁ : coefficient lié à l'environnement.

K₂ : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau VI.2 : Valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau VI.3 : Valeurs de K2

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.92	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau VI.4 : Valeurs de C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h/sens

f) Détermination de nombre des voies :

Le nombre de voies de circulation est variable selon le volume de circulation projeté à terme et les niveaux de services attendus.

➤ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

➤ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$n = S * (Q / Q_{adm}) \quad (III.6)$$

Avec :

n : nombre de voies

Q_{adm} : débit admissible par voie

S : coefficient dissymétrie, en général = 2/3

VI. 3. Application au projet :a) Données de trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par les services de la DTP nous avons les éléments de conception suivant :

- ❖ taux de trafic l'année 2017 (TJMA=20000v/j dans les 2 sens).
- ❖ Le pourcentage des poids lourds : PL=30%.
- ❖ Taux d'accroissement arithmétique : $\zeta=4\%$.
- ❖ L'année de référence : 2017.
- ❖ L'année de mise en service : 2020.
- ❖ La durée de vie : 10 ans.
- ❖ Catégorie : C1 (B40)
- ❖ Environnement : E2 (B40)
- ❖ Vitesse de base : 80km/h.

b) Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2017)

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA_o (1 + \tau)^n}$$

Avec : **TJMA_h** : trafic à l'horizon (année de mise en service 2009)

TJMA_o: Trafic à l'année origine(2017)

$$TJMA_{2020} = 20000 (1+0.04)^3 = 22497 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } \mathbf{TMJA2020 = 22497 \text{ v/j}}$$

Trafic à l'année horizon (2030) pour une durée de vie de 10 Ans :

$$TMJA \ 2030 = 22497 (1+0,04)^{10} = 33301 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } \mathbf{TMJA \ 2030 = 33301 \text{ v/j.}}$$

c) Calcul du trafic effectif :

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement **E2** on a **P =4**.

$$T_{eff} = [(1-Z) + Z.P] TMJA_h$$

Z : le pourcentage de poids lourds est égal à 30 %.

$$T_{eff} = [(1 - 0,30) + 4 * 0,30] * 33301 = 63272 \text{ uvp/j}$$

$$\text{Donc : } T_{eff} = 63272 \text{ uvp/j}$$

d) Débit de pointe horaire normal :

$$Q = 0.12 * T_{eff}$$

$$Q = 0.12 * 63272 = 7593 \text{ uvp/j}$$

$$\text{Donc : } Q = 7593 \text{ uvp/j}$$

e) Capacité admissible :

$$Q_{adm} = K1 * K2 * C_{th}$$



$$C_{th} = Q / (K1 * K2)$$

Avec : **K1** : coefficient correcteur pris égal à **0.85** pour **E2**.

K2 : coefficient correcteur pris égal à **0.99** pour environnement (**E2**) et catégorie (**C1**).

C_{th} : capacité théorique.

Q : de l'année de mise en service.

f) Le nombre des voies :

✓ *Chaussée unidirectionnelle* :

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

$$C_L = Q / 2 = 7593 / 2 = 3797 \text{ uvp /h}$$

$$N = 2 / 3 \left[\frac{7593}{0.85 \times 0.99 \times 3797} \right] = 1.58$$

$$\text{Donc : } N = 2 \text{ voies / sens}$$

Les résultats sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau VI.5 1: Résultats de calcul trafic

TMJA ₂₀₁₇	TMJA ₂₀₂₀	TMJA ₂₀₃₀	T _{eff}	Q ₂₀₃₀	N de voie
20000v/j	22497 v/j	33301 v/j	63272 uvp/j	7593 uvp/j	2 voies/sens

Chapitre VII : Profil en travers

VII. 1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «**profil en travers type**»

VII. 2. Types de profils en travers :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets routière, Il contient tous les éléments constructifs de la route, dans toutes les situations (remblais, déblais, mixte).

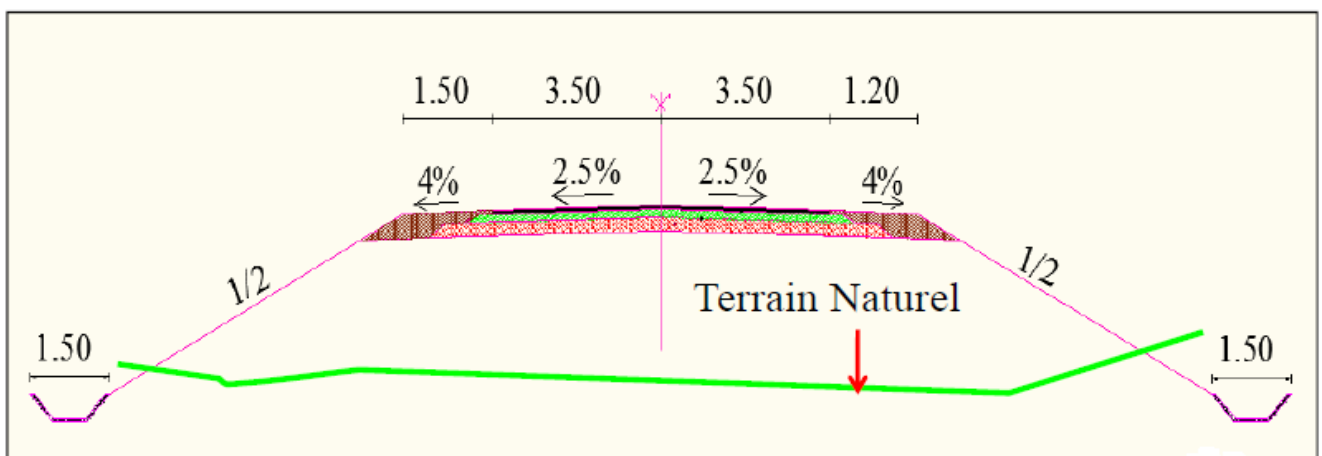


Figure VII.1 : Profil en travers type en remblai ^[12]

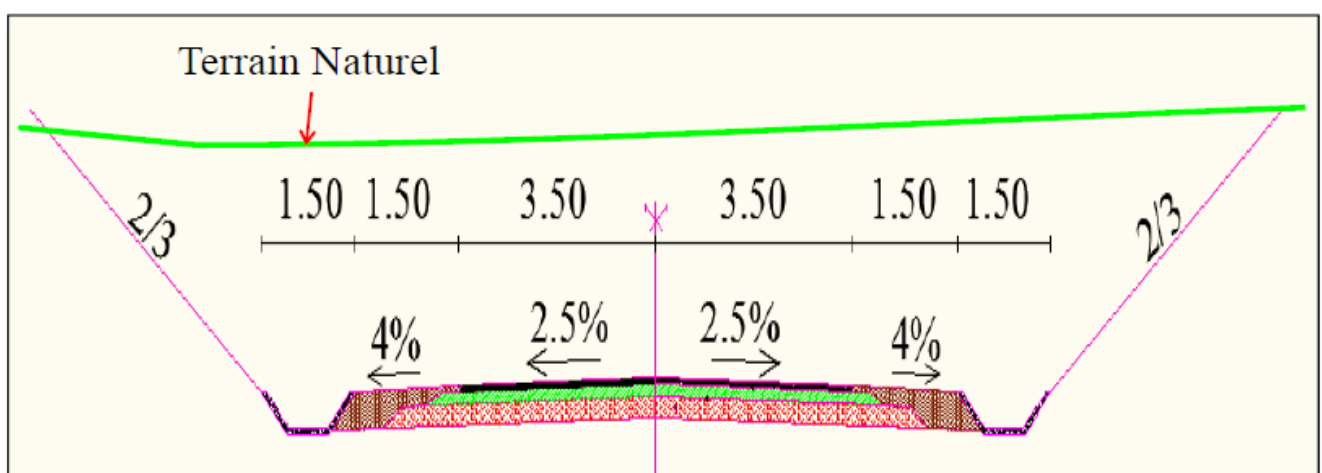


Figure VII.2 : Profil en travers type en déblai ^[12]

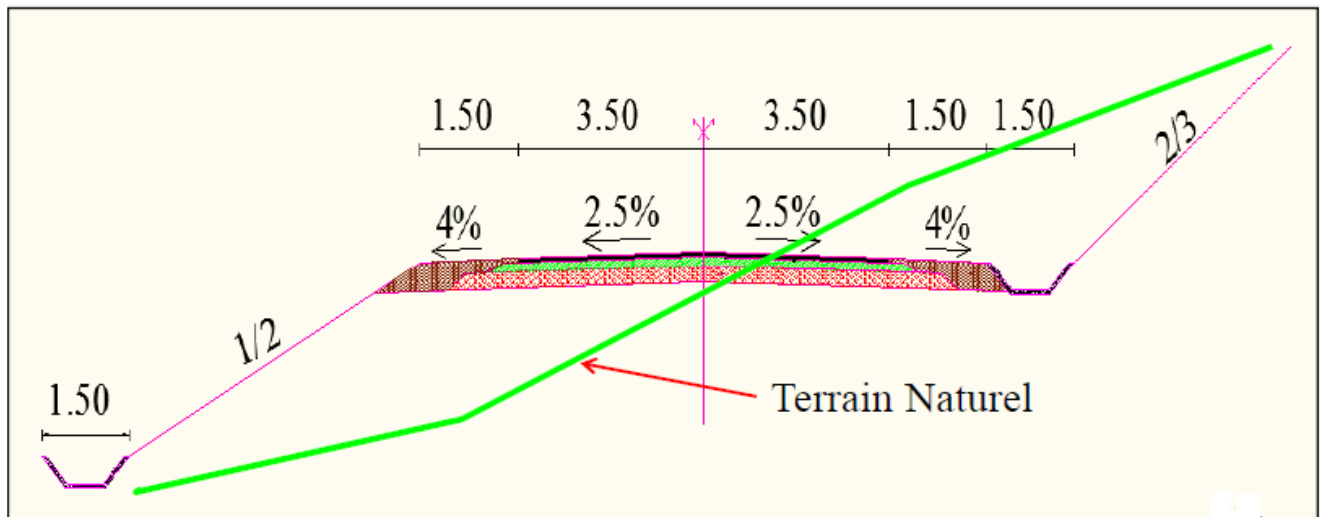


Figure VII.3 : Profil en travers type mixte ^[12]

VII. 3. Éléments de composition du profil en travers :

Il contient toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largueur des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...) (figure III) ^[16]

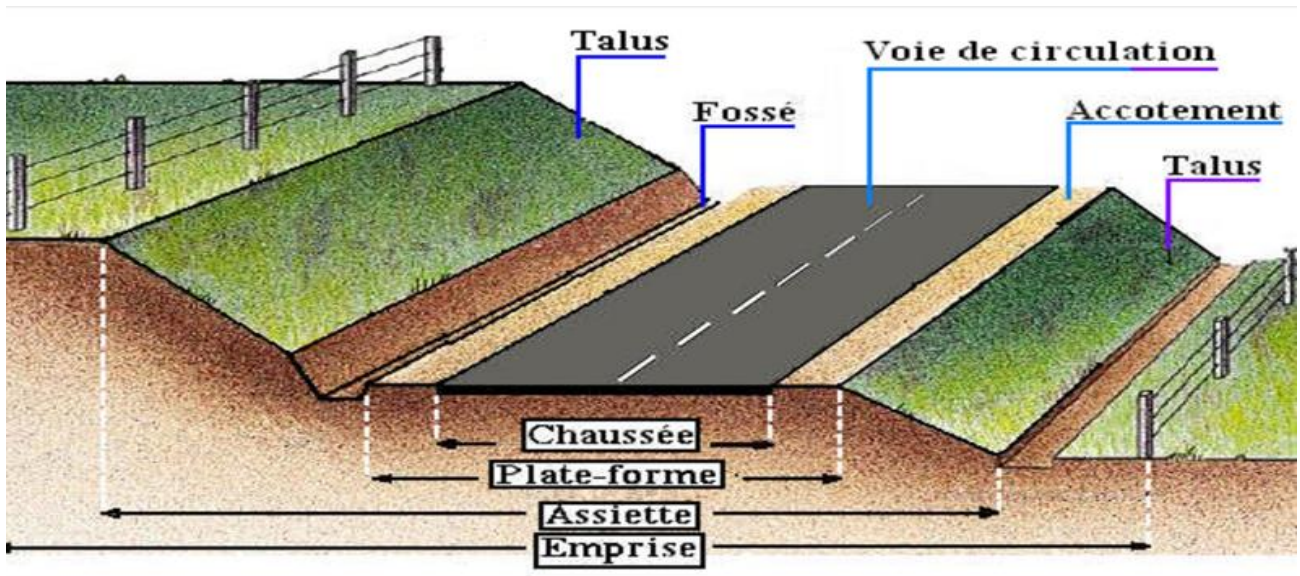


Figure VII.4 : Profil en travers type d'une route

✚ La chaussée :

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

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

La largeur roulable :

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

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

La plate-forme :

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

Assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...), elle coïncidant généralement avec le domaine public.

Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasée ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- ♦ Une bande de guidage
- ♦ Une bande d'arrêt
- ♦ Une berme extérieure.

Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage)
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

Le fossé :

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

VII. 4. Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé chaussée unidirectionnelles.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ♦ Chaussée : $3.50 \times 4 = 14$ m
 - ♦ Accotement : $2.40 \times 2 = 4.80$ m
 - ♦ Terre-plein central : 3.00 m
 - ♦ Bande de guidage : $0.30 \times 4 = 1.2$ m
 - ♦ Plate-forme : 23 m

Chapitre VIII : Dimensionnement du corps de chaussée

VIII. 1. Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent inexorablement, Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier.

Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivants :^[12]

- Le trafic est l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds.
- La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- La durée de service.

VIII. 2. Constitution et rôle d'une chaussée :^[16]

Une coupe de chaussée est constituée de

- **Couche de surface** : elle comprend :
 - ✓ Couche de roulement.
 - ✓ Couche de liaison.
- **Couche d'assise** : elle est constituée de :
 - ✓ Couche de base.
 - ✓ Couche de fondation.

Chacune des couches citées ci hautes suivant la position qu'elle occupe a un rôle important à jouer dans le cadre de la structure de la chaussée.

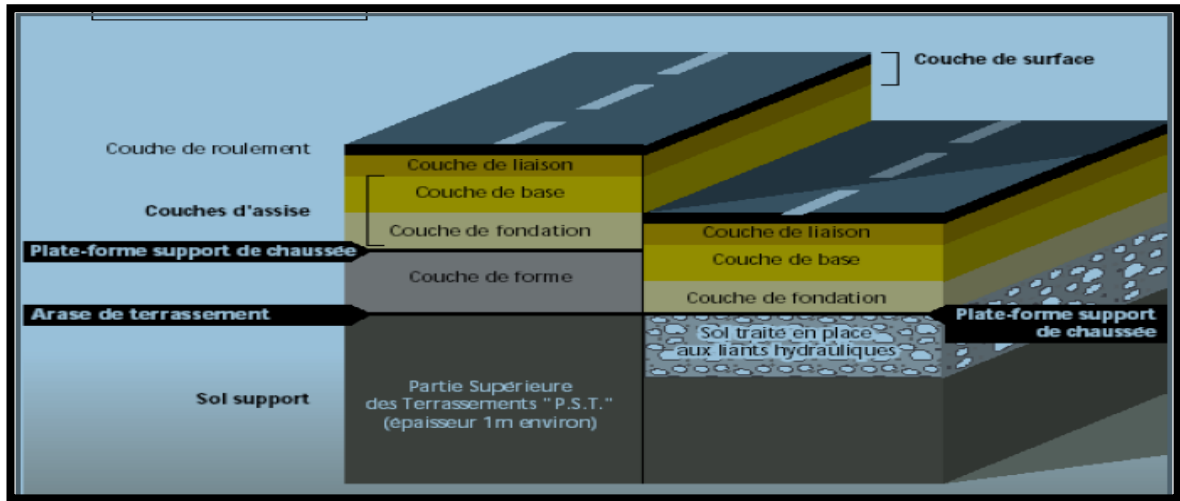


Figure VIII.1 : Structure de chaussée type.

1. Couche de surface :

Cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison (5 à 10 cm).

La couche de roulement à pour rôles :

- D'imperméabiliser la surface de la chaussée.
- D'assurer la sécurité et le confort des usagers.

La couche de liaison a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides

2. Couche d'assises :

L'assise de la chaussée est généralement constituée de deux couches, la couche de fondation surmontée de la couche de base.

a) Couche de base :

La couche de base a pour rôle essentiel de reprendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui résultent sur les couches sous-jacentes (10 à 20 cm).

b) Couche de fondation :

Le rôle de la couche de fondation est identique à celui de base : elle reprend les contraintes normales et les répartit sur le sol support (ou la couche de forme est éventuellement).

La couche de fondation et la couche de base forment le "corps de chaussée" (15 à 30 cm).

c) Couche de forme :

Est généralement prévu pour répondre à certains objectifs de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux, la couche de forme aura un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface avant de mettre en œuvre la couche de fondation.

- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée), la couche de forme est mise en œuvre essentiellement pour assurer une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

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

VIII. 3. Différents types de chaussée : ^[16]

a) La chaussée :

Une chaussée peut être définie comme une structure plane, conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assurer une fonction pour une période de service minimale fixée au stade de l'élaboration du projet.

Suivant la nature des matériaux, leur localisation dans la structure de chaussée et le niveau de trafic. On répertorie différentes familles de structures

- Chaussée souple.
- Chaussée semi – rigide.
- Chaussée rigide.
- Chaussée à structure mixte.

❖ *Chaussée souple :*

La chaussée souple est constituée par un empilage de matériaux granulaires recouverts d'un revêtement plus ou moins épais à base de bitume, généralement, elle est caractérisée par une grande flexibilité et une diffusion localisée des charges. Elle constitués la majorité des routes actuelles.

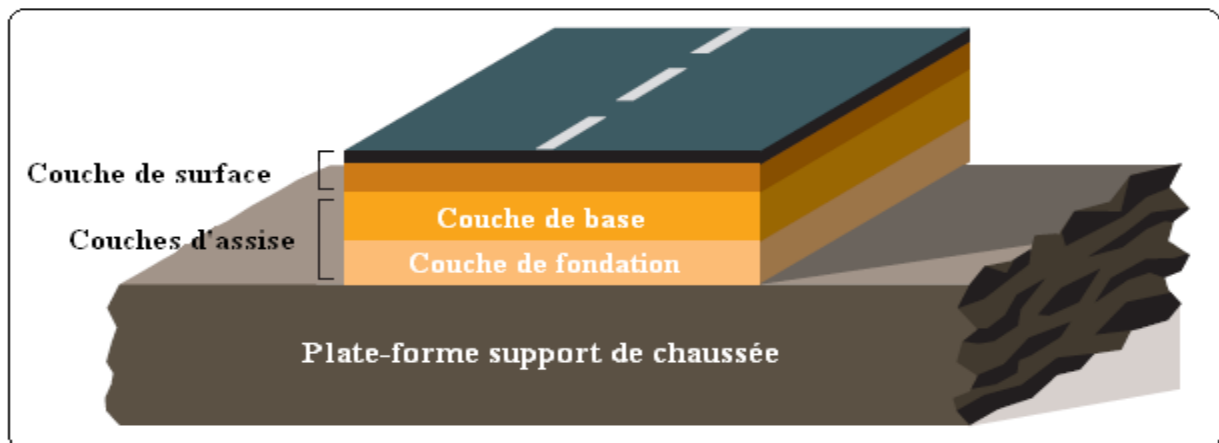


Figure VIII.2 : Structure type d'une chaussée souple

❖ *Chaussée semi-rigide :*

Elle comporte une couche de surface bitumineuse repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydraulique (ciment, granulat,...) disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelquefois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

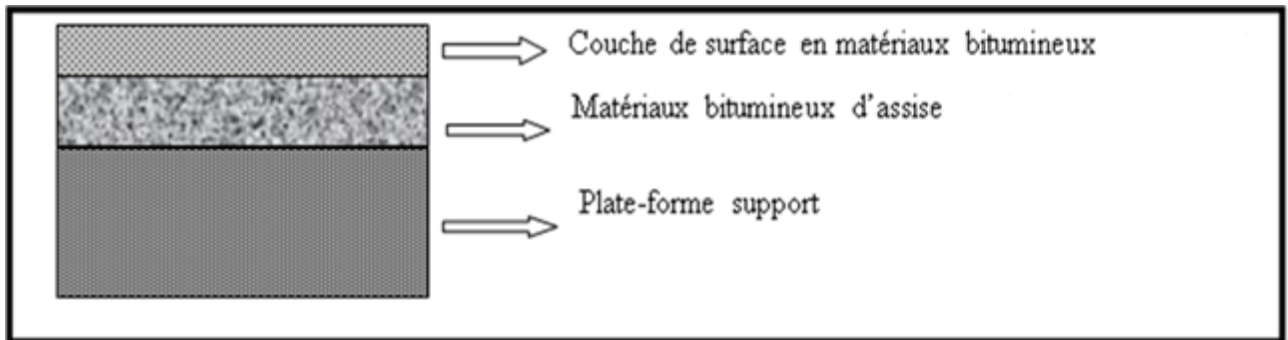


Figure VIII.3 : Structure type d'une chaussée semi-rigide

❖ *Chaussée rigide :*

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armé (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

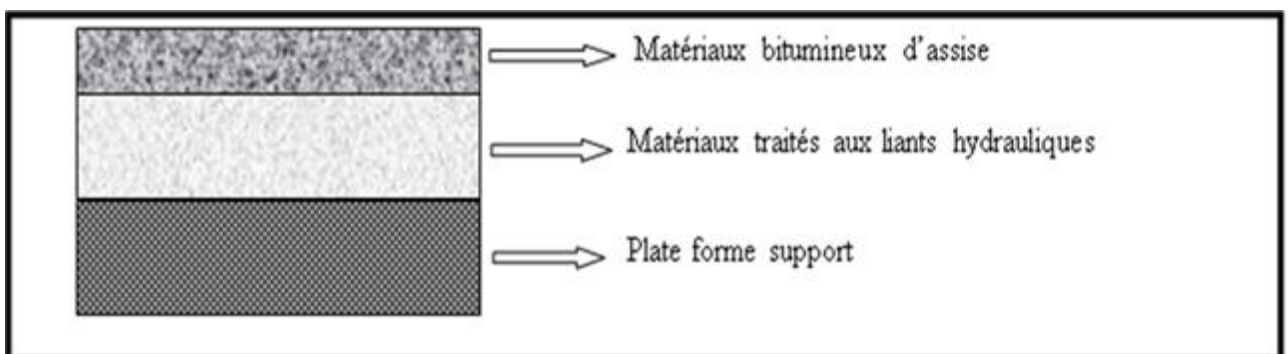


Figure VIII.4 : Structure type d'une chaussée rigide

❖ *Chaussée à structure mixte :*

Elle est constituée d'une couche de surface en matériaux bitumineux, reposant sur une couche de matériaux bitumineux d'assise, une couche de matériaux traités aux liants hydrauliques et une plateforme support.

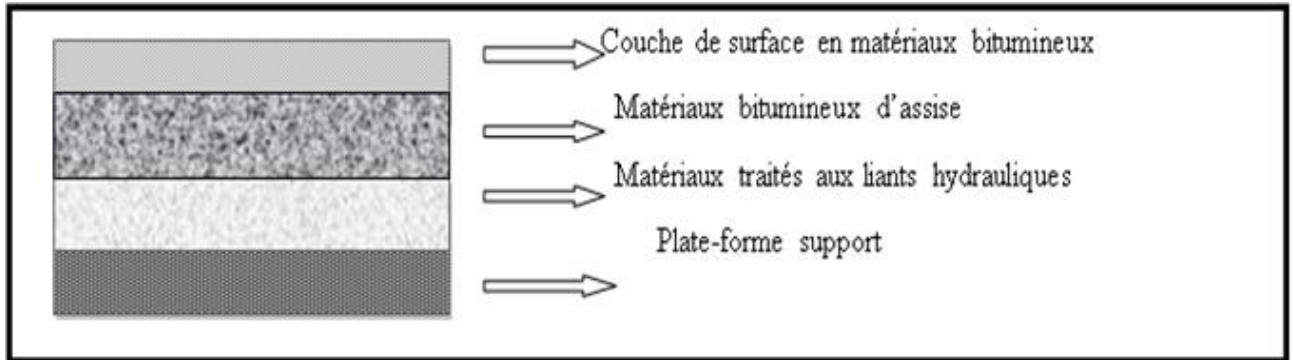


Figure VIII.5 : Chaussée à structure mixte

VIII. 4. Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés aux :

➤ Le trafic :

Le trafic principalement le trafic poids lourds est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures. Il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

➤ Environnement :

L'environnement extérieur de la est l'un des paramètres d'importance essentielle 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 liant hydrauliques.

➤ Le sol support :

Les structures des chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate-forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

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

➤ Les matériaux utilisés :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

VIII. 5. Méthode de dimensionnement des chaussées souples :

a) Méthode C.B.R (Californie – Bearing – Ratio) :

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

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

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

Avec :

e : épaisseur équivalente.

N : désigne le nombre moyen journalier des véhicules de poids lourds de plus 1500 kg à vide.

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

Log : logarithme décimal.

I_{CBR} : indice CBR

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égal à 1.

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différentes matériaux, on utilise le Coefficient d'équivalence de chaque matériau

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

Et pour les coefficients, il suffit de se référer au tableau suivant :

Tableau IIIV.1 : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70
Tuf	0.60

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

Où :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

VIII. 6. Application au projet :

Donnée de base :

TMJA₂₀₂₀ (Année de mise en service) = 22497 v/j. « calculé dans le chapitre étude trafic »

P= 6.5t (poids de l'essieu le plus chargé)

%PL= 30%

I_{CBR} : 4.5

Durée de vie = 10ans

τ = 4%

1. *Calcul du trafic du VPL à l'année de mise en service :*

$$N_1 = TMJA_{2020} * \%PL = 22497 * 0.30$$

$$N_1 = 6749 \text{ VPL/J}$$

2. *Calcul du trafic du VPL à l'année horizon :*

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

$$N_{10} = 6749 (1+0.04)^{10}$$

$$N_{10} = 9990 \text{ VPL /J}$$

3. *Calcul de l'épaisseur théorique :*

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

Avec :

N : désigne le nombre moyen journalier des véhicules de poids lourds de plus 1500 kg à vide.

Log : logarithme décimal.

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) (75 + 50 \log \frac{9990}{10})}{4.5 + 5} \quad \Rightarrow \quad e = 71 \text{ cm}$$

4. *Calcul des épaisseurs des différentes couches :*

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

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

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

- **Couche de roulement « Béton Bitumineux BB »**

D'après le tableau ci-dessous ; $a_1 = 2.00$

$$e_1=10\text{cm} ; e_1=a_1*e_1=2.00*10=20\text{cm}$$

$$e_1= 12\text{cm}$$

▪ **Couche de base : «Grave Concassée GCC »**

D'après le tableau ci-dessous ; $a_2=1$

$$e_2=20\text{cm} ; e_2=a_2*e_2=1*20=20\text{cm}$$

$$e_2=20\text{cm}$$

▪ **Couche de fondation : « T.V.O »**

D'après le tableau ci-dessous ; $a_3= 0.75$

$$e=71\text{cm}=a_1*e_1+a_2*e_2+a_3*e_3$$

$$e_4= \frac{e-(c1*e1+c2*e2)}{c3} = \frac{71-(20+20)}{0.75}$$

$$e_4=41\text{cm}$$

Après la vérification, la structure propose est comme suit :

Tableau IIIV. 2 : Corps de Chaussée Matériaux et épaisseur

Couches	Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence (ci)	épaisseur totale réelle (cm)	épaisseur équivalente (cm)
Couche de revêtement	Béton Bitumineux BB	2.00	10	20
Couche de base	grave concasse Gc	1.00	20	20
Sous couche	T.V.O	0.75	41	31
/	Totale		71	71

Chapitre IX : Cubature et mouvement des terres

IX. 1. Introduction :

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

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

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

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

Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente. ^[16]

IX. 2. Cubatures des terrassements :

On appelle cubature tout calcul de volume, si on recherche une exactitude des résultats, le calcul des volumes des terrassements est très compliqué et très long donc on doit accepter quelques petites erreurs, le calcul des cubatures est réduit à des calculs d'intégrales qui nécessite une géométrie descriptive pour chaque profil. ^[16]

IX. 3. Méthode de calcul :

On a décomposé les profils en travers en surfaces géométriques simples.

L'évolution du volume compris entre les surfaces qui définissent d'une part le terrain naturel et d'autre part le projet, constitue les cubatures de terrassements. Pour le calcul de notre cubature nous avons tenu compte d'une couche de terre végétale d'épaisseur 0.30m.

Notre corps de chaussée est d'une épaisseur de 71 cm, décomposé en trois couches sont les suivantes :

- ♦ Une couche de roulement : 10 cm
- ♦ Une couche de base : 20 cm
- ♦ Une couche de fondation : 71 cm

La méthode pratique de calcul de ces cubatures consiste à découper les figures qui se présentent en profil en travers en figure géométrique calculable, ensuite calculer les surfaces de ces figures, puis multiplier la somme totale des surfaces par la longueur d'application de chaque profil afin d'avoir le volume suivant le cas où se trouve notre profil. ^[16]

1. Calcul des surfaces

La surface exacte égale à :

$$\mathbf{Su = Sc + Scc - Stv}$$

Avec :

Su : surface utilisable

Sc : surface calculée

Scc : surface de corps de chaussée $Scc = Lch \times 0.50$

Stv : surface de la terre végétale $Stv = Lch \times 0.30$

Lch : largeur de la chaussée

a) *Cas de déblai :*

Pour déterminer la surface utile du déblai, il faut ajouter à la surface calculée, la surface de corps de chaussée et enlever la surface de la terre végétale.

$$\mathbf{Su = Sc + Scc - Stv}$$

b) *Cas de remblai :*

Dans le cas de remblai, pour déterminer la surface utile, il faut ajouter la surface de la terre végétale et enlever la surface de corps de chaussée

$$\mathbf{Su = Sc + Stv - Scc}$$

c) *Cas de profil mixte :*

C'est la combinaison des deux cas, on utilise la formule donnée pour le calcul de la surface dans le cas remblai.

2. Calcul du volume :

$$V_u = S_u \times D$$

Avec :

S_u : surface utilisable**D** : la longueur d'application➤ **Remblai à obtenir après tassement = 1m³**

Volume avant tassement de 15% = V

$$1\text{m}^3 = V - 0.15 V$$

➤ **Foisonnement déblai de 20% :**

$$V_u = 1.2 \times V_u$$

IX. 4. Epure de LALANNE :

Elle consiste à rechercher les transports des terres des plus économiques entre les déblais réutilisables, les dépôts, le remblai et les emprunts.

Dans le cas de profil mixtes (remblai et déblai), on ne prendra en compte que le cube de terre restant après compensation dans les profils.

Le but de l'épure consiste à obtenir la somme minimum des moments de transports qui dépend de la ligne horizontale dite de répartition choisie. ^[16]

a) Principe de l'épure de LALANNE :

Il s'agit maintenant de déterminer le détail des transports des terres d'un profil à un autre et d'un ou plusieurs lieux d'emprunts à des profils ou depuis des profils vers des emprunts dans le cas d'un excès de remblai. C'est pour cela qu'on établit l'épure de LALANNE.

b) Etablissement de l'épure de LALANNE :

L'épure de LALANNE est un moyen de représentation graphique des terrassements effectués, et s'établit de la façon suivante : **(voir la figure)**

- On représente les volumes par des lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés
- On trace une ligne horizontale initiale appelé ligne des terres sur laquelle on porte l'échelle choisie l'emplacement des profils en travers.

- On porte les déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas sautant d'un profil à un autre par un échelon horizontal en cumulant les cubes à chaque profil et comptant les déblais comme positif et les remblais comme négatif.

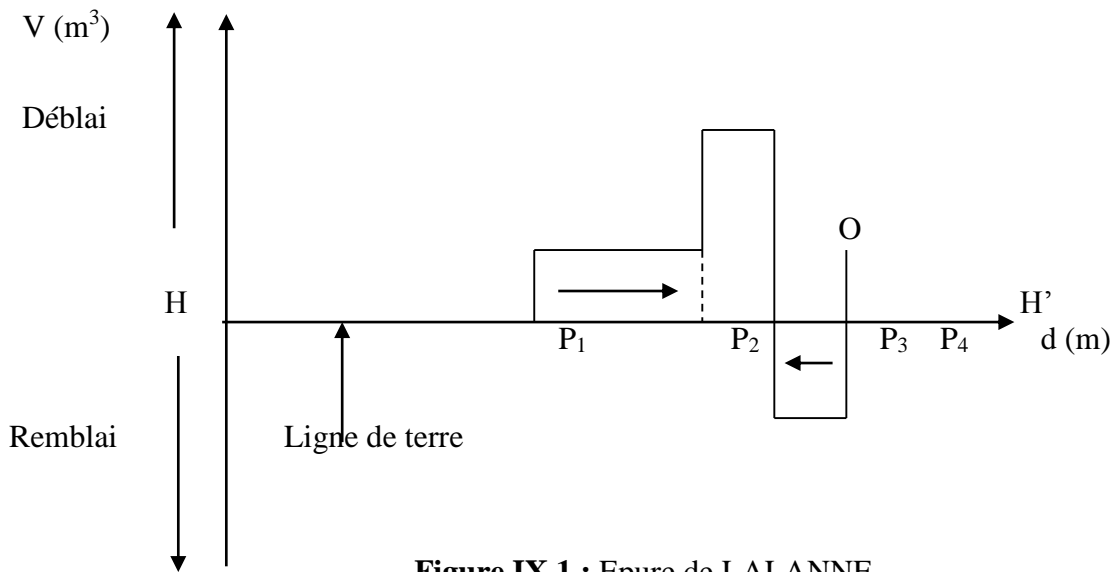


Figure IX.1 : Epure de LALANNE

c) Ligne de répartition des sens de transport :

On cherche à partager cette épure dans sa hauteur par une ligne horizontale qui pourra être différente ou non de l'horizontal (H, H'), et qui suivra la ligne de répartition, (LR) de la direction des transports ; ceci devra se faire de gauche à droite pour les volumes situés au-dessus de cette ligne et de droite à gauche pour les volumes situés au-dessous de cette ligne. (Voir la figure)

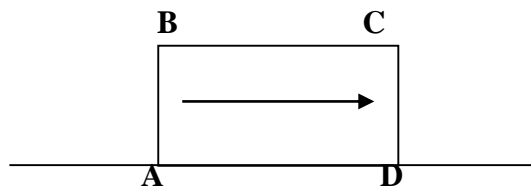


Figure IX.2 : Sens de transport

La flèche indique qu'il conviendra de transporter le déblai AB pour combler le remblai CD , situé à la distance AD , le rectangle $ABCD$ a pour surface le produit AB par la distance AD ; cette surface est appelée moment de transport.

IX. 5. Mouvement des terres :a) Métré de terrassement :

C'est une méthode quantitative qui consiste à évaluer les cubes du déblai et du remblai existant dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblais ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite mouvement des terres. A cette opération deux facteurs interviennent :

- Les cubes des terres à transporter
- Distance de transport.

A cet effet, on cherche toujours la distance minimale de transport

En évacuant l'excès de déblai aux dépôts les plus proches.

En ramenant les terres des emprunts les plus proche. ^[16]

b) Foisonnement :

On appelle la propriété que présente les sols d'augmenter le volume lorsqu'on les manipule, il se produit à ce moment par suite de la décompression de matériaux de vides partiels, entre les particules plus ou moins grosses et les cailloux. lorsqu'on remet en place les sols remaniés, ils ne représentent par le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas. le foisonnement des matériaux est très variable

Suivant la nature du sol, on a pris le coefficient de foisonnement pour les terres qui seront transportées égale à 20%.

c) Moment de transport :

C'est le produit du volume transporté par la distance de transport

$$M = V \times d$$

Avec : **V** : volume transporté.

d : distance de transport.

Le but de l'étude des mouvements des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimale le prix de ce dernier.

d) Distance minimale de transport :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n v \cdot d}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

$$D = \frac{20331168.04}{107952.86}$$

D : distance minimale de transport

D = 188.33 m **→ scraper**

IX. 6. Résultats du calcul de la cubature

Tableau IX .1 : calcul de cubature APD « variante choisies »

Prof il N°	Abscisse	Longueur D'app	Déblai		Remblai		Volume déblai foisonné (m ³)	Volume remblai avant tassement (m ³)	Excès déblai (m ³)	Excès remblai (m ³)
			Surface (m ²)	Volume (m ³)	Surface (m ²)	Volume (m ³)				
P1	0.00	20.00	28.18	0.43	1.33	13.29	338.160	15.624	322.5360	-
P2	20.00	20.00	60.61	0.00	0.00	0.00	1454.576	0	1454.576	-
P3	40.00	20.00	88.18	0.00	0.00	0.00	2116.327	0	2116.327	-
P4	60.00	20.00	105.87	0.00	0.00	0.00	2540.974	0	2540.974	-
P5	80.00	20.00	120.18	0.00	0.00	0.00	2884.254	0	2884.254	-
P6	100.00	20.00	135.03	0.00	0.00	0.00	1777.905	0	1777.905	-
P7	101.95	20.00	134.90	0.00	0.00	0.00	1618.834	0	1618.834	-
P8	120.00	20.00	132.20	0.00	0.00	0.00	3018.507	0	3018.507	-
P9	140.00	20.00	127.99	0.00	0.00	0.00	3071.802	0	3071.802	-
P10	160.00	20.00	112.33	0.00	0.00	0.00	2695.984	0	2695.984	-
P11	180.00	20.00	108.90	0.00	0.00	0.00	2613.533	0	2613.533	-
P12	200.00	20.00	107.15	0.00	0.00	0.00	2571.627	0	2571.627	-
P13	220.00	20.00	99.13	0.00	0.00	0.00	2379.209	0	2379.209	-
P14	240.00	20.00	86.41	0.00	0.00	0.00	1195.812	0	1195.812	-
P15	243.07	20.00	84.44	0.00	0.00	0.00	1013.250	0	1013.250	-
P16	260.00	20.00	64.81	0.00	0.00	0.00	1436.145	0	1436.145	-
P17	280.00	20.00	40.25	0.00	0.00	0.00	965.987	0	965.987	-
P18	300.00	20.00	17.91	0.02	0.02	0.37	429.906	0.4399	429.466	-
P19	320.00	20.00	0.62	1.90	3.56	71.30	14.795	83.845	-	69.050
P20	340.00	20.00	0.00	9.53	17.94	358.88	0	422.039	-	422.03
P21	360.00	20.00	0.00	17.05	32.10	642.10	0	755.106	-	755.10
P22	380.00	20.00	0.00	20.44	38.91	778.10	0	915.047	-	915.04
P23	400.00	20.00	0.00	23.48	45.12	902.43	0	1061.259	-	1061.2
P24	420.00	20.00	0.00	20.04	40.00	800.10	0	940.915	-	940.91
P25	440.00	20.00	0.00	14.72	30.17	603.42	0	709.626	-	709.62
P26	460.00	20.00	0.00	8.78	18.50	369.96	0	435.073	-	435.07
P27	480.00	20.00	1.07	1.63	3.28	65.51	25.717	77.035	-	51.318

P28	500.00	20.00	14.50	0.25	0.52	10.41	347.938	12.241	335.696	-
P29	520.00	20.00	28.67	0.00	0.00	0.00	688.190	0	688.190	-
P30	540.00	20.00	41.81	0.00	0.00	0.00	1003.373	0	1003.373	-
P31	560.00	20.00	53.13	0.00	0.00	0.00	1275.131	0	1275.131	-
P32	580.00	20.00	61.97	0.00	0.00	0.00	944.431	0	944.4317	-
P33	585.40	20.00	63.66	0.00	0.00	0.00	763.879	0	763.8796	-
P34	600.00	20.00	67.95	0.00	0.00	0.00	1410.669	0	1410.669	-
P35	620.00	20.00	70.75	0.00	0.00	0.00	1698.095	0	1698.095	-
P36	640.00	20.00	71.45	0.00	0.00	0.00	1714.718	0	1714.718	-
P37	660.00	20.00	68.44	0.00	0.00	0.00	1642.459	0	1642.459	-
P38	680.00	20.00	69.91	0.00	0.00	0.00	1677.909	0	1677.909	-
P39	700.00	20.00	64.96	0.00	0.00	0.00	1559.067	0	1559.067	-
P40	720.00	20.00	52.95	0.00	0.00	0.00	842.592	0	842.5922	-
P41	726.52	20.00	48.88	0.00	0.00	0.00	586.503	0	586.5037	-
P42	740.00	20.00	40.59	0.00	0.00	0.00	815.326	0	815.3269	-
P43	760.00	20.00	32.39	0.00	0.00	0.00	777.289	0	777.2890	-
P44	780.00	20.00	23.58	0.00	0.00	0.00	566.010	0	566.0104	-
P45	800.00	20.00	14.16	0.24	0.66	13.19	339.937	15.515	324.422	-
P46	820.00	20.00	3.87	1.39	3.09	61.79	92.951	72.664	20.28715	-
P47	840.00	20.00	0.06	3.41	9.96	199.20	1.375	234.256	-	232.880
P48	860.00	20.00	0.00	9.28	20.95	418.96	0	492.695	-	492.695
P49	880.00	20.00	0.00	14.80	32.02	640.37	0	753.078	-	753.078
P50	900.00	20.00	0.00	19.65	41.97	839.34	0	987.062	-	987.062
P51	920.00	20.00	0.00	20.56	43.28	863.60	0	1015.594	-	1015.59
P52	939.91	20.00	0.00	21.95	44.74	447.35	0	526.087	-	526.087
P53	940.00	20.00	0.00	21.95	44.73	449.33	0	528.415	-	528.415
P54	960.00	20.00	0.00	21.18	42.31	846.26	0	995.197	-	995.197
P55	980.00	20.00	0.00	20.69	41.46	829.13	0	975.062	-	975.062
P56	1000.00	20.00	0.00	20.74	41.79	835.89	0	983.010	-	983.010
P57	1020.00	20.00	0.00	23.54	45.72	914.41	0	1075.350	-	1075.350
P58	1040.00	20.00	0.00	212.45	238.47	4769.36	0	5608.767	-	5608.767
P59	1060.00	20.00	0.00	26.42	57.43	614.83	0	723.038	-	723.0385
P60	1061.41	20.00	0.00	26.85	58.22	582.18	0	684.648	-	684.6486
P61	1080.00	20.00	0.00	32.23	68.06	1313.16	0	1544.279	-	1544.279

P62	1100.00	20.00	0.00	36.15	75.53	965.30	0	1135.194	-	1135.194
P63	1105.56	20.00	0.00	37.04	77.27	772.73	0	908.736	-	908.736
P64	1120.00	20.00	0.00	39.01	81.02	1395.07	0	1640.601	-	1640.601
P65	1140.00	20.00	0.00	41.68	86.28	1725.68	0	2029.403	-	2029.403
P66	1160.00	20.00	0.00	43.36	89.94	1798.79	0	2115.374	-	2115.374
P67	1180.00	20.00	0.00	43.74	90.90	1818.04	0	2138.019	-	2138.019
P68	1200.00	20.00	0.00	44.62	93.81	1876.16	0	2206.367	-	2206.367
P69	1220.00	20.00	0.00	48.50	99.72	1349.31	0	1586.792	-	1586.792
P70	1227.06	20.00	0.00	49.07	100.93	1009.34	0	1186.986	-	1186.986
P71	1240.00	20.00	0.00	50.89	103.71	1708.09	0	2008.713	-	2008.713
P72	1260.00	20.00	0.00	55.23	112.51	2250.27	0	2646.318	-	2646.318
P73	1280.00	20.00	0.00	57.62	113.58	2271.60	0	2671.399	-	2671.399
P74	1300.00	20.00	0.00	55.52	109.18	2183.62	0	2567.940	-	2567.940
P75	1320.00	20.00	0.00	53.57	105.36	2107.10	0	2477.954	-	2477.954
P76	1340.00	20.00	0.00	50.42	97.27	1945.43	0	2287.824	-	2287.824
P77	1360.00	20.00	0.00	43.60	83.48	1669.53	0	1963.369	-	1963.369
P78	1380.00	20.00	0.00	36.42	70.62	1412.50	0	1661.094	-	1661.094
P79	1400.00	20.00	0.00	30.18	58.62	1172.36	0	1378.698	-	1378.698
P80	1420.00	20.00	0.00	24.68	47.54	950.86	0	1118.212	-	1118.212
P81	1440.00	20.00	0.00	19.48	36.65	732.97	0	861.978	-	861.978
P82	1460.00	20.00	0.00	13.77	29.56	591.13	0	695.170	-	695.170
P83	1480.00	20.00	0.00	4.97	12.27	245.46	0	288.662	-	288.662
P84	1500.00	20.00	1.57	1.81	4.96	99.13	37.686	116.578	-	78.89201
P85	1520.00	20.00	9.36	0.86	1.79	35.74	224.736	42.035	182.700	-
P86	1540.00	20.00	19.12	0.00	0.01	0.25	458.921	0.295	458.626	-
P87	1560.00	20.00	20.87	0.00	0.00	0.00	500.883	0	500.883	-
P88	1580.00	20.00	20.23	0.00	0.00	0.00	485.603	0	485.603	-
P89	1600.00	20.00	15.35	0.26	0.68	11.17	300.834	13.140	287.693	-
P90	1612.67	20.00	12.06	0.58	1.33	8.43	91.681	9.909	81.771	-

Volume déblais (m³) : **55011.50935**

Volume remblais (m³) : **60399.75762**

Volume excès remblais (m³) : **-5388.24827**

Chapitre X : Implantation

X. 1. Définition :

On sait que le trace d'une route comme toute les autres voies de communication se composent d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent entre lequel il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre implanter une courbes on a besoin d'un certain nombre de points et il existe plusieurs méthodes d'implantation :

- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente.
- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la corde.
- ✓ Implantation par rayonnement classique.
- ✓ Implantation par coordonnées polaires.

À partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain. Il est utile de donc solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction.

L'implantation est donc une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet. Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

❖ *Plan de piquetage des axes des voies :*

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes. ^[17]

X. 2. Implantation planimétrique des sommets des alignements : ^[17]

a) Par rayonnement :

On pose un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

b) Intersection :

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

c) *Par coordonnées polaires :*

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

X. 3. Implantation de courbes : ^[17]

a. Raccordement circulaire :

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacents et leur intersection.

La valeur du rayon R est une donnée, l'angle au centre β est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences T , T' et le sommet M de la courbe à partir du sommet S .

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

➤ *Méthode d'implantation :*

❖ Par Abscisses et ordonnées sur la tangente (voir la figure)

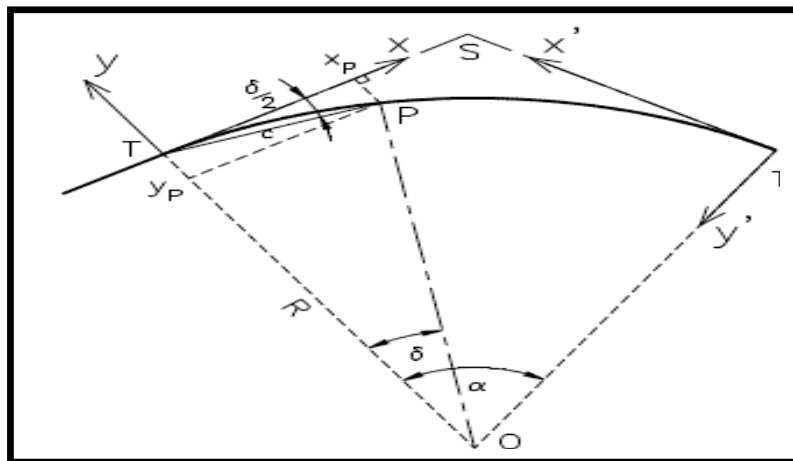


Figure X.1 : Implantation partie circulaire

❖ Par Abscisses et ordonnées sur la corde

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

❖ Par coordonnées polaires.

b. Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'u

jalons, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles. (Voir la figure)

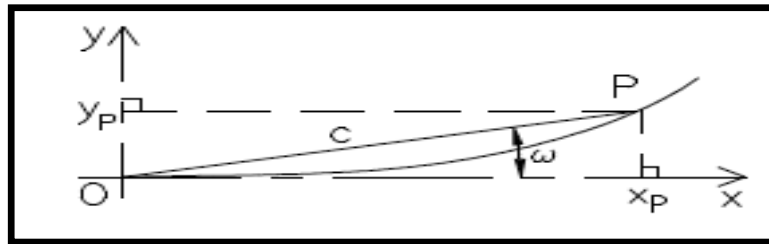


Figure X.2 : Méthode d'implantation

➤ *Piquetage par coordonnées rectangulaires*

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \qquad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

➤ *Piquetage par coordonnées Polaires*

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad w_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

X. 4. Application au projet :

a) *Raccordement progressif 1 (forme symétrique) :*

❖ Clothoïde 1 :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente KAS

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \qquad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

Implantation de clothoïde :

Données :

R = 450 m

L = 142 m

A = 253 m

$\Delta L = 10$ m

n = 14 pts

Tableau X.1 : Eléments d'implantation clothoïde « 01 »

Pts	iΔL (m)	X (m)	Y (m)
KA	0	0.000	0.000
1	10	10.000	0.003
2	20	20.000	0.021
3	30	30.000	0.070
4	40	40.000	0.167
5	50	49.99	0.325
6	60	59.99	0.562
7	70	69.989	0.893
8	80	79.980	1.333
9	90	89.963	1.898
10	100	99.938	2.603
11	110	109.901	3.463
12	120	119.848	4.495
13	130	129.773	5.713
14	140	139.671	7.133
KE	142	141.648	7.442

❖ Partie circulaire :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente.

$$X_i = R \sin i\delta$$

$$Y_i = R(1 - \cos i\delta)$$

- **Implantation de l'arc de cercle :**

Données :

R = 450 m

$$\gamma = 48.0148 \text{ gr}$$

$$\gamma/2 = 24.0074 \text{ gr}$$

$$n = 14 \text{ pts}$$

$$\delta = 1.7148 \text{ gr}$$

Tableau X.2 : Eléments d'implantation cercle « 01 »

Pts	iδ (m)	X = R. sin iδ (gr)	Y= R (1-cos iδ) (gr)
T	0,0000	0,000	0,000
1	1.7148	12.120	0.163
2	3.4296	24.231	0.653
3	5.1444	36.324	1.468
4	6.8592	48.391	2.609
5	8.5740	60.423	4.075
6	10.2888	72.411	5.864
7	12.0036	84.347	7.976
10	13.7184	96.221	10.408
9	15.4332	108.025	13.158
10	17.148	119.752	16.226
11	18.8628	131.391	19.609
12	20.5776	142.934	23.304
13	22.2924	154.375	27.308
M	24.0072	165.703	31.619

b) Raccordement progressif 2 (forme symétrique) :

❖ Clothoïde 2 :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente KAS

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \quad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

Implantation de clothoïde :

Données :

R =450 m

L =142m

A =253m

 $\Delta L =10m$

n =14 pts

Tableau X.3 : Eléments d'implantation clothoïde « 02 »

Pts	i ΔL (m)	X (m)	Y (m)
KA	0	0.000	0.000
1	10	10.000	0.002
2	20	20.000	0.018
3	30	30.000	0.061
4	40	40.000	0.145
5	50	49.999	0.284
6	60	59.996	0.490
7	70	69.992	0.778
8	80	79.985	1.162
9	90	89.973	1.654
10	100	99.955	2.269
11	110	109.923	3.019
12	120	119.885	3.919
KE	122	121.875	4.118

❖ Partie circulaire :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente

$$X_i = R \sin i\delta$$

$$Y_i = R(1 - \cos i\delta)$$

Implantation de l'arc de cercle

Données :

R = 600 m

$\gamma = 3.5761$ gr

$\gamma/2 = 1.7881$ gr

n = 13 pts

$\delta = 0.1380$ gr

Tableau X.4 : 1 Eléments d'implantation cercle « 02 »

Pts	i δ (m)	X = R. sin i δ (gr)	Y= R (1-cos i δ) (gr)
T	0.000	0,000 m	0,000 m
1	0.138	1.301	0.001
2	0.275	2.592	0.006
3	0.413	3.892	0.013
4	0.550	5.184	0.022
5	0.688	6.484	0.035
6	0.825	7.775	0.050
7	0.963	9.076	0.069
8	1.100	10.367	0.090
9	1.238	11.667	0.113
10	1.375	12.958	0.140
11	1.513	14.258	0.169
12	1.650	15.549	0.202
M	1.788	16.849	0.237

Chapitre XI : Signalisation Routière

XI. 1. Introduction :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel destiné à sécuriser et faciliter la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'usager et la route.^[12]

XI. 2. Objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :^[12]

- ❖ De rendre plus sûr la circulation routière.
- ❖ De faciliter cette circulation.
- ❖ D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- ❖ De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XI. 3. Critères à respecter pour les signalisations :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :^[12]

- ❖ Cohérence avec les règles de signalisations.
- ❖ Respecter les règles d'implantation et de pose.
- ❖ Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- ❖ Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- ❖ Éviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance détruit l'efficacité.

XI. 4. Catégories de signalisation :

On distingue :^[12]

- ❖ La signalisation par panneaux.
- ❖ La signalisation par feux.
- ❖ La signalisation par marquage des chaussées.
- ❖ La signalisation par balisage.
- ❖ La signalisation par bornage.

XI. 5. Types de signalisation :

Il y a deux types de signalisations : verticale et horizontale.^[12]

a) Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées en quatre :

➤ *Signaux de danger* :

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

➤ *Signaux comportant une prescription absolue* :➤ Panneaux de forme circulaire, on trouve : **(voir la figure)**

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



Figure XI.1. : Signaux comportant une prescription absolue

➤ *Signaux à simple indication* :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

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

➤ *Signaux de position des dangers* :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain. **(Voir la figure)**



Figure XI.2 : Signalisation Verticale

b) Signalisation Horizontale :

Afin de renforcer la sécurité routière, une signalisation horizontale sera envisagée et consistera en un marquage sur chaussée des bandes en couleur blanche rétro réfléchissante en enduit à chaud, selon la largeur et la modulation prévue dans l'Etude.

La signalisation horizontale sur chaussée a pour but d'indiquer d'une façon bien claire les parties de la chaussée consacrées aux différentes voies de circulation ou à certaines catégories d'usagers de la route, ainsi que dans certains cas, le comportement que les conducteurs doivent observer.

1. Marquage longitudinale :

➤ *Lignes continue* : les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

➤ *Lignes discontinue* : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

2. Marquage transversale :

❖ Ligne STOP : C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

❖ Ligne cédez le passage :

❖ Ligne d'effet des signaux :

3. *Autres marquages* :

❖ *Les flèches de rabattement* :

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

❖ *Les flèches de sélection* :

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

❖ *Passage pour piéton* :

Forme rectangulaire de longueur $L = 2.50m$ pour $V \leq 60Km/h$ et $L = 4.00m$ pour $V \geq 60Km/h$ avec largeur de 0.5m et leur distance est de 0.5 à 0.8m

XI. 6. Caractéristiques générales des marques :^[12]**a) Couleur des marques :**

Le blanc est le couleur utilisé pour les marques de chaussée. Pour certain marques spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions des obstacles.

b) Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente suivant le type de route :

u = 7,5 cm sur les autoroutes est voies rapides urbaines.

u = 6 cm sur les routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 300 v/j

u = 5 cm pour les autres routes.

c) Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :(voir la figure)

Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues

Type de Modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport pleins-vides
T1	3,00	10,00	$\approx 1/3$
T'1	1,50	5,00	
T2	3,00	3,50	≈ 1
T'2	0,50	0,50	
T3	3,00	1,33	≈ 3
T'3	20,00	6,00	

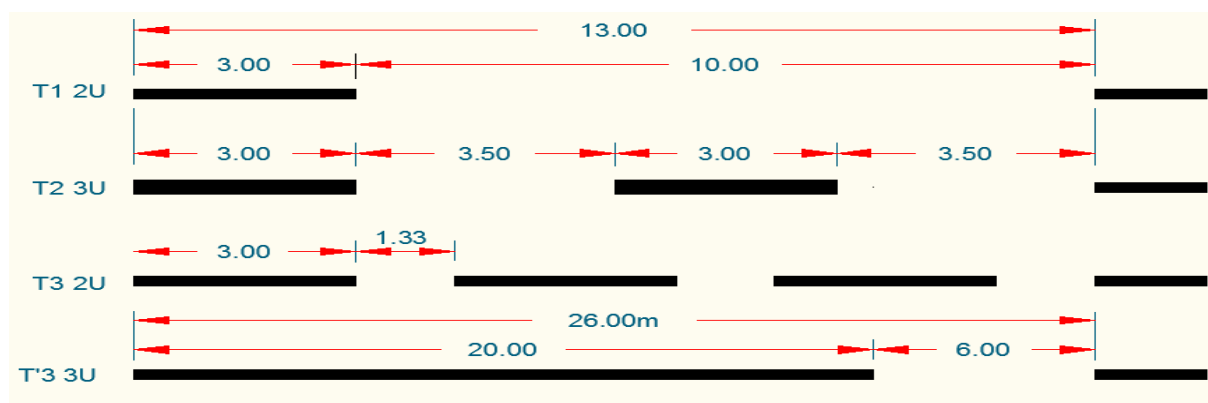


Figure XI.3 : Modulation de lignes discontinues

XI. 7. Application au projet :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation routière Algérienne, on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux est l'unité de largeur des lignes de marquage.

+ Signalisation verticale :

Les différents types de panneaux de signalisation dans notre projet sont : (Voir figure)

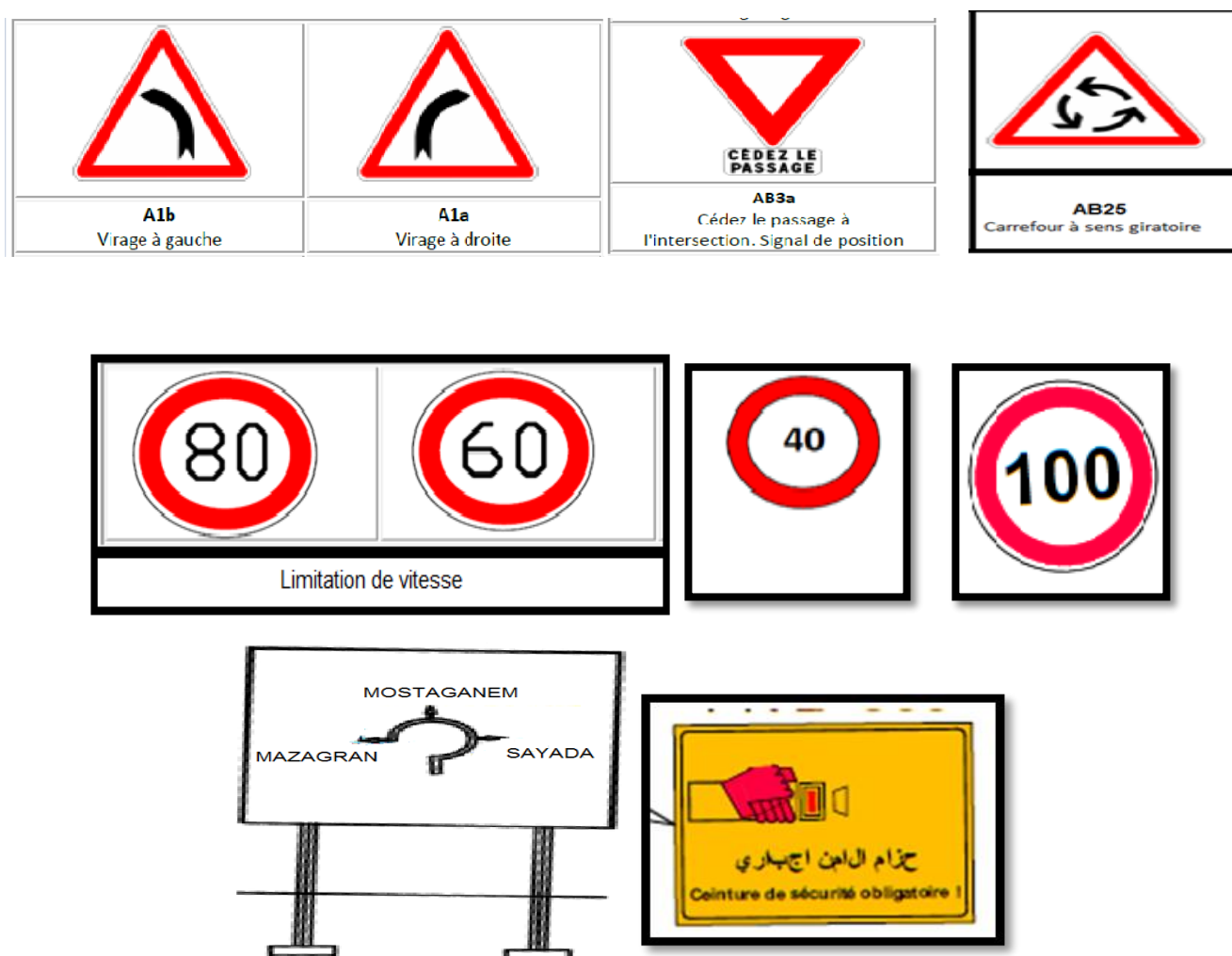


Figure XI.4 : Signaux pour l'évitement.

+ Signalisation horizontale :

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 6$ cm. et les lignes de délimitation des voies sont de type T1 et de largeur $2U$.

La figure suivante montre la signalisation horizontale de notre cadre d'étude :

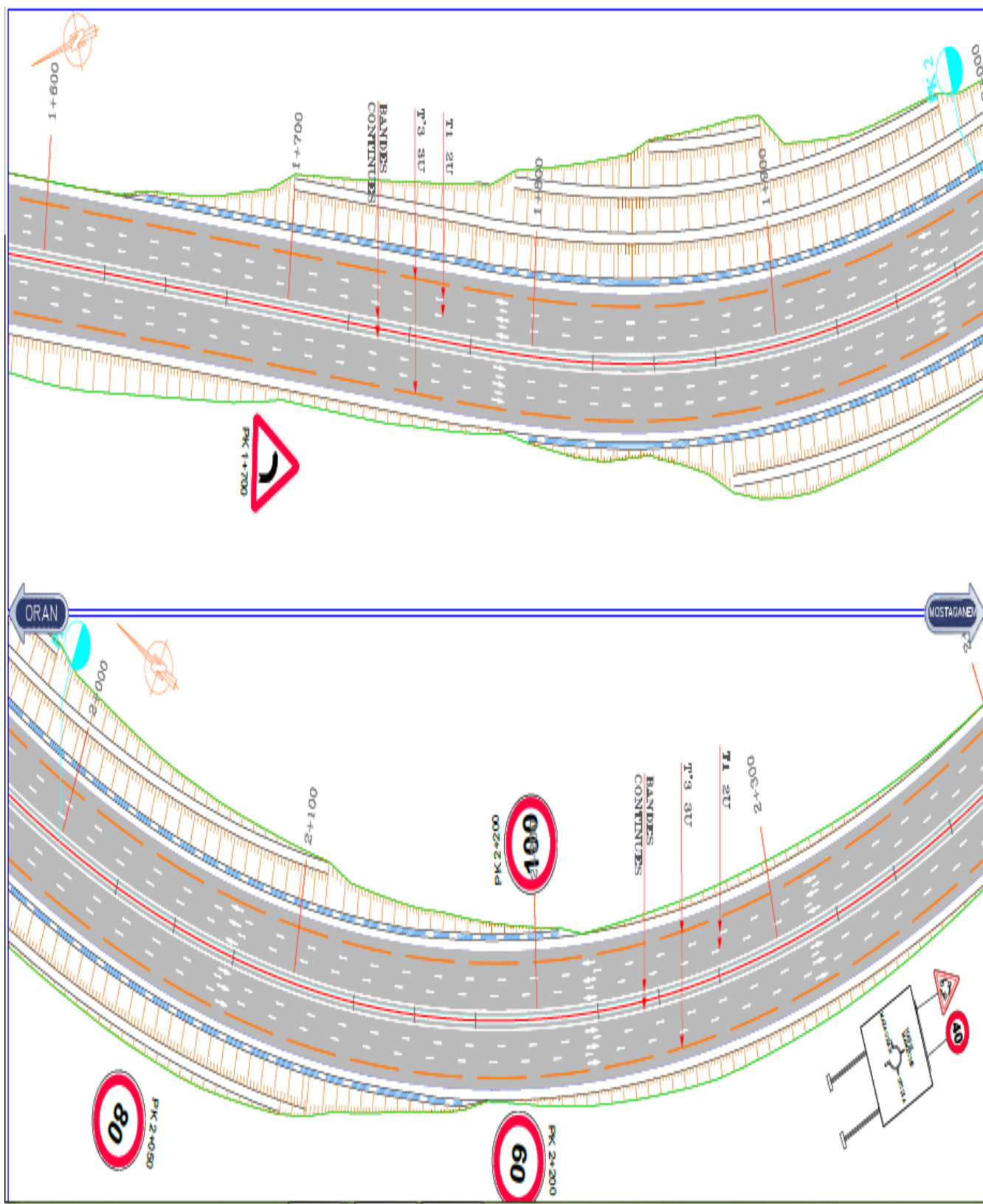


Figure XI.5 : PK 1+700 au PK 2+300

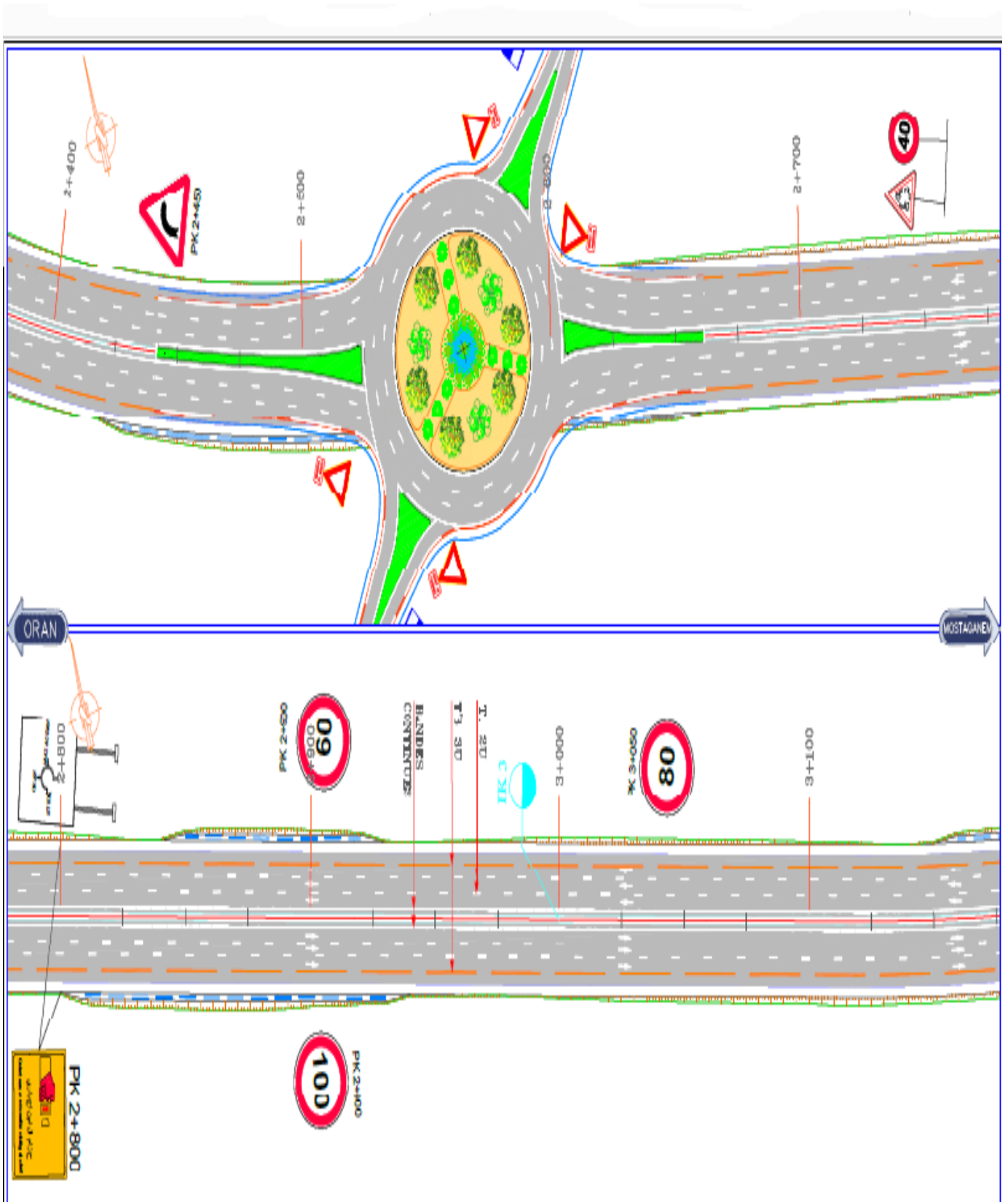


Figure XI.6 : PK 2+400 au PK 3+100

✓ Flèche de sélection :

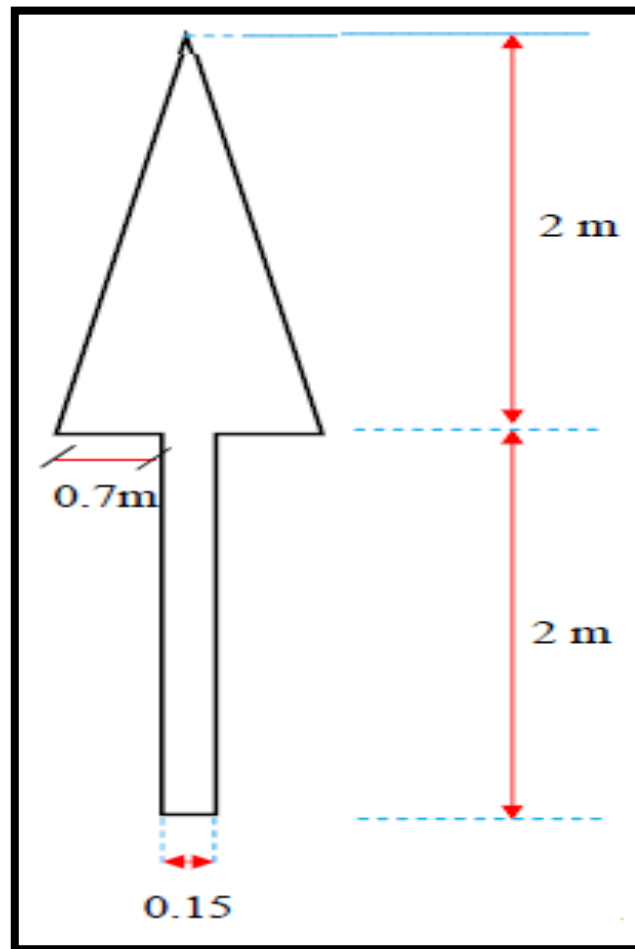


Figure XI.7 : Flèche de sélection

Chapitre XII : impact sur l'environnement

XII. 1. Introduction

Cette étude porte sur l'évaluation environnementale de la réalisation d'un deuxième boulevard périphérique de Mostaganem, Ce tronçon d'environ 28 km prend son origine de la Commune de Stidia (RN 11), en traversant un important cordon dunaire de caractère forestier (forêt de Stidia).

Le projet passe ensuite par la commune d'Ain Nouissi, Hassi Mamache, et se termine au niveau des limites administratives de la commune de Sayada avec celles de Mostaganem.

Cette zone est caractérisée par sa vocation agricole, une richesse écologique importante (terrains agricoles, reboisements fruitiers, cultures céréalières, maraichères,). ^[13]

1. Contexte climatique régionale

Le climat de la région d'étude est pratiquement du type méditerranéen comme tout le Nord-Ouest Algérien qui est caractérisé par :

- La concentration de pluies pendant la période froide (maximum de 60 mm au mois de Novembre et décembre).

- Une sécheresse apparente pendant les mois les plus chauds (de 01 à 05 mm entre Juin et Aout).

- La durée de la saison sèche est en moyenne de 07 mois, elle couvre la période de mois d'Avril jusqu'au mois d'octobre. L'indice d'aridité de la région est de 12,43 déterminant un régime Semi-aride.

L'utilisation du quotient pluvio-thermique d'EMBERGER dont l'application est propre aux régions méditerranéennes permet de classer la région d'étude dans l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver chaud. Cette classification repose sur une moyenne d'environ 10 ans, condition de temps nécessaire et suffisante pour une caractérisation fiable du climat de la région.

2. Contexte biologique

La Faune : De par la variété de ses biotopes, la région renferme un potentiel cynégétique important. Cette conservation tant aussi à protéger l'habitat de la faune sauvage commune qui existe dans la région.

La Flore : La région de Mostaganem comme tout le littoral algérien est caractérisée par une végétation typiquement méditerranéenne, dépendant des conditions du milieu où elle vie.

Dans une étude intitulée « Taxons végétaux du littoral occidental et oriental algérien menacés de disparition » S. Belgat et R. Loisel ont classé la végétation herbacée du littoral algérien en 4 classes :

- Classe 1 : Les espèces en danger de disparition ;
- Classe 2 : Les espèces endémiques ;
- Classe 3 : Les espèces très rares ;
- Classe 4 : Les espèces rares.

3. Contexte socioculturel

Population : La zone d'étude compte une population estimée à 310 509 Habitant selon le (RGPH 2013), soit 38,44 % de la population totale de la Wilaya, avec une densité moyenne de 999 hab /km².

Agriculture : La région de Mostaganem est connue par sa vocation agricole, elle dispose d'une superficie agricole totale de 177 310 ha. Dont 132 268 ha de superficie agricole utile (SAU), et 32 960 ha de terres irriguées répartis à travers 24 535 exploitations agricoles.

XII. 2. Evaluation des impacts du projet sur l'environnement :

- Les impacts induits par le projet sont de nature à provoquer un dérangement de la population locale en phase de construction, dont des émanations atmosphériques (poussières, gaz à effets de serre).

- Les déchets solides rejetés dans la nature en phase de construction auront des impacts important, de par leurs caractères non biodégradables pour la quasi-totalité des déchets de ce type de chantiers.

- Des effets de coupure traduits par des gênes à la circulation notamment le déplacement de la population locale, les accès aux propriétés (terres Agricoles, serres, fermes...), les déplacements des troupeaux, etc.

- Les niveaux de bruit seront élevés dans la zone de projet, une pollution sonore de plus de 90 dB sera enregistrée en construction, ceci sera due par les engins de construction, et les camions de transport.

- Les ressources en eau superficielles traversées par le projet seront perturbées en phase de construction, qu'en exploitation, des rejets de déchets solides augmentant les teneurs en MES, la turbidité de l'eau, ce qui provoque une pollution temporaire de ces dernières, en exploitation ; la pollution sera due principalement par les rejets liquides (ruissèlement de la chaussée lors des périodes pluvieuses).

- Sur le plan agricole ; une perte significative en superficies agricoles, environ 80 hectares sur tous le parcours du projet, dont environ 08 hectares de reboisements fruitiers, et 9,5 hectares de surfaces irriguées, qui ne seront plus destinées à la production, ceci aura une incidence sur les revenus des agriculteurs.^[13]

XII. 3. Evolution spatio-temporelle et l'efficacité des mesures envisagées :

Il est à signaler que les mesures proposées correspondent d'une part à des mesures à court terme qui intéressent la phase chantier et d'autre part à des mesures à long terme qui resteraient valables pendant toute la période d'exploitation du tronçon.^[13]

Tableau 01 : les mesures proposées

Mesures à court terme	Mesures à long terme
<ul style="list-style-type: none"> • Aménagements paysagers le long de la rocade ; • Réhabilitation des sites pendant la période du chantier ; • Mise en place d'un plan de gestion adéquat des déchets liquides et solides ; • Préserver la qualité de l'air à travers un contrôle régulier des engins et un arrosage régulier du chantier 	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagements paysagers le long de la rocade • Fixation des sols menacés par l'érosion le long de la route ; • Contrôle régulier de la qualité des émissions atmosphériques engendrées par la circulation routière • Mise en place d'ouvrages hydrauliques en vue de gérer convenablement les écoulements d'eau de surface
<p>Sur le milieu humain et socioéconomique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indemnisation des exploitants agricoles et de la population expropriée de son habitat et affectée par l'aménagement routier ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Compensation par la création de nouveaux aménagements agricoles ; • Renforcement des infrastructures routières Amélioration de la sécurité routière ; • Réduction du coût d'exploitation des véhicules • Renforcement de l'économie nationale ;

XII. 4. Mesures de compensation des effets dommageables sur l'environnement : ^[13]

- La circulation des engins doit être limitée à l'intérieur des emprises du projet et des pistes d'accès, dans des horaires bien définis pour éviter les effets de coupure, ainsi que les niveaux de bruit élevés hors les heures de travail.

- Des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès doivent être mises en place afin de limiter les risques d'accident.

- Arrosage des pistes lors des travaux afin d'éviter l'envol des poussières, et l'utilisation d'engins en bon état pour éviter les émanations de grandes quantités des gaz d'échappement.

- Durant le transport de matériaux, seront couvertes les caisses pour éviter l'envol des poussières et des particules fines, qui, en suspension, polluent les alentours du chantier et de la route.

- Le nettoyage du matériel de chantier doit être effectué loin des lits d'Oueds ou cours d'eaux.

- Un suivi régulier (analyses physico-chimiques) des ressources en eau à proximité du tracé.

- L'approvisionnement des camions et engins de chantier en carburants doit être effectué dans les stations de services
- Le stockage des produits dangereux doit faire l'objet de dispositifs strictes et particulièrement spécifiques.
- Les déchets ménagers et les déchets inertes peuvent être collectés et transportés vers le centre d'enfouissement technique (C.E.T.) approprié le plus proche du chantier.
- Les terres végétales découpées lors des terrassements doivent être exploitées le maximum de part et d'autre de la chaussée ; ou dans des travaux d'aménagement des espaces verts et des zones touristiques.
- Eviter le maximum les zones riches en végétation (reboisements fruitiers, forêts, prairies, zones Humides...).

Passages à faune : Une route représente une barrière infranchissable pour la quasi-totalité de la faune, y compris parfois pour les espèces capables de voler (insectes en particulier)

Les principaux objectifs de mise en place des Passages à faune sont : Assurer le rétablissement des liaisons au-dessus et/ou au-dessous de l'infrastructure, et réduire la mortalité des espèces par collision.

Intégration paysagère et végétalisation des talus et des ouvrages d'art :

Lors des travaux de définition du corps de chaussée, des déblais et/ou des remblais seront réalisés afin de garantir la meilleure pente, pour la bonne intégration de ces talus dans leurs paysages, des reboisements doivent être effectués au niveau de chaque talus créé, en plus d'aspect esthétique de la route, cette végétalisation assurera la fixation et la protection des talus contre l'érosion liée au gel-dégel, aux vents, et aux eaux de ruissellement). La matrice meuble des talus est responsable du déchaussement de pierres ou de petits blocs lors de fortes précipitations.

Aménagement des zones de dépôt des déblais de chantier

Pour ce type de projets à caractère autoroutiers, une des exigences est la recherche de l'équilibre des déblais et des remblais.

Les matériaux non réutilisés provenant de déblais devront être immédiatement évacués en dehors de la zone de travaux (au moins 200 m de la zone des terrassements).

Principales caractéristiques des zones de dépôt :

- Topographie plane ;
- Loin des zones forestières ou d'intérêt écologique ;
- Loin des cours d'eaux (pour ne pas gêner l'écoulement des eaux, ou polluer ces derniers).
- Loin des zones contenant des nappes phréatiques (éviter l'infiltration des polluants).
- Loin des zones d'irrigation, et des zones comportant des puits, forages ...etc.
- Un corridor d'au moins 200 m de l'axe de projet (pour éviter la pollution de la zone de travail par la circulation des camions et engins) ...etc.

- La partie des matériaux jugés propre à réemployer en remblai sur le chantier pourra être stockée sur place ou mis en remblai immédiatement selon l'accord du Maître d'ouvrage.

- Les entreprises de réalisation doivent assurer les modalités techniques de préparation et de remise en état des terres cultivables sur lesquelles les zones de dépôt sont aménagées.

- Aussi, chaque zone de dépôt doit faire l'objet d'insertion paysagère et d'un suivi pendant et après les travaux ;

Intégration paysagère des ouvrages d'Art :

Les ouvrages d'art franchissant d'autres structures (cours d'eau, vallées, peuvent créer d'importants effets de coupure et obstacles visuels dans les paysages environnants vis-à-vis des usagers des infrastructures coupées, et des habitants riverains.

Dans les secteurs boisés, des massifs arborescents doivent être replantés en pied d'ouvrage, le choix de la végétation sera à partir d'essences locale adaptées au milieu.

XII. 5. Choix des essences et techniques de végétalisation : ^[13]

Page 25 Direction des Travaux Publics de la Wilaya de Mostaganem Etude d'un deuxième boulevard périphérique de Mostaganem « Rapport technique » Novembre 2016

Le choix des essences d'espèces pour la végétalisation des talus ou de l'environnement générale de la route doit reposer sur des techniques bien étudiées afin de réussir cette plantation qui sert à une excellente insertion paysagère par la suite.

D'après notre analyse du milieu environnementale, les techniques qui peuvent réussir sont :

- a. La haie
- b. L'alignement
- c. La ripisylve
- d. La bande boisée

Semences qui peuvent être réalisés :

Végétation arborée :

- Chêne liège (*Quercus suber*) o Frêne (*Fraxinus angustifolia*) o Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)
- Pin maritime (*Pinus maritima*) o Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) o Peuplier (*Populus nigra* et *Populus alba*)

Végétation arbustive :

- Tamaris (*Tamarix gallica*) o Laurier rose (*Nerium oleander*) o Pistachier (*Pistacia lentiscus*)
- Arbousier (*Arbutus unedo*) o Ciste à feuille de sauge (*Cistus salvifolius*) o Myrte (*Myrtus communis*)
- Bruyère (*Erica arborea*) o Oléastre (*Olea europea*) o Calycotome (*Calycotome spinosa*)
- Philaria (*Phillyrea angustifolia*) o Lavande (*Lavandula stoechas*) o Genet (*Genista spinulosa* et *Genista numidica*) o Daphnée (*Daphnee gnidium*)

Ces reboisements doivent être suivis et protégés jusqu'à la maturité (au moins 2 ans).

XII. 6. Bilan environnementale :

Le projet du tronçon de la rocade fait apparaître un certain nombre d'impacts négatifs aux quels sont associées en général des mesures de compensation, et essentiellement un impact positif à travers toute la dynamique socio-économique que ce projet devra engendrer sur la région.

Le tableau suivant présente les principaux impacts négatifs du projet ainsi que les impacts positifs, en faisant la distinction entre ceux qui seront compensés et ceux qui ne le seront pas

Tableau 02 : principaux impacts positif et négatifs du projet

IMPACT NEGATIF	IMPACT POSITIF
<ul style="list-style-type: none"> • Dégradation de la géomorphologie • Artificialisation du sol le long de la route • Aggravation du phénomène d'érosion • Destruction du couvert végétal • Perturbation de la faune sauvage • Dégradation de la qualité des eaux de surface • Perturbation du régime d'écoulement des eaux de surface • Dégradation de la qualité de l'air • Destruction de certains aménagements hydro-agricoles • Expropriation des terres agricoles • Destruction de certaines habitations • Gênes occasionnés par les bruits et vibrations 	<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement des infrastructures Routières • Amélioration de la sécurité routière • Réduction du coût d'exploitation des véhicules • Renforcement de l'économie nationale • Absorption du flux important du trafic routier • Amélioration la fluidité de la circulation au centre de ville • source de soulagement des utilisateurs de la route par assurance de fluidité et confort • Faciliter la circulation des transports exceptionnels • diminution du temps de parcours et du taux d'accidents de la circulation • diminution des émissions de polluants • réduction des niveaux de bruit généré par la circulation routière

Il apparaît à travers ce tableau que le projet de la rocade est largement positif du fait qu'au-delà des impacts positifs mentionnés, les impacts négatifs seront en grande partie compensés.

XII. 7. Conclusion :

La rocade s'intègre dans le réseau routier national et constitue ainsi un maillon permettant d'assurer la continuité du réseau. Il permettra de soulager la densité de trafic.

Les nombreux impacts positifs qu'il engendre (réduction des accidents de la circulation, diminution des émissions atmosphériques à proximité des zones d'habitats, etc...) justifient à eux seuls l'existence de ce projet.

Partie III

**Etude Géotechnique Du 2^{ème} Boulevard Périphérique De
Mostaganem.**

Chapitre I : Méthodes d'essais

I. 1. Historique :

La géotechnique est née du besoin des humains de d'ériger des ouvrages pour s'abriter des éléments naturels et se protéger des invasions ennemies. Avec l'évolution des civilisations, les constructions sont devenues de plus en plus massives et on s'est mis à chercher les bons sols porteur et stable tous ses besoins ont poussé au développement de la géotechnique.

Vers 1776, coulomb formule les premières équations pour calculer la pression exercée par le sol sur les ouvrages de soutènement, la même époque le français Darcy énonce une théorie sur l'écoulement de l'eau dans les sables. En 1925, Karl Terzaghi publie le premier véritable ouvrage sur les mécaniques des sols. En 1932, l'essai de pénétration statique une nouvelle technique de sondage, voit le jour en Hollande. Comme plusieurs sciences appliquées la géotechnique vit au rythme du développement de la technologie et de l'informatique. Grace aux logiciels de géotechnique, on peut aujourd'hui analyser les contraintes dans les sols de façon rapide et faible. On réalise ainsi des ouvrages plus surs et plus durables. ^[16]

I. 1.2. Définition :

La géotechnique est une science qui permet d'étudier les propriétés des sols et des roches en fonction des projets de construction telle que les routes et les ouvrages d'arts. ^[16]

I. 1.3. But :

- ✓ D'analyser les caractéristiques des sols et prévoir les moyens d'exécution.
- ✓ De rechercher les meilleurs matériaux répondant aux exigences de la construction.
- ✓ De classer et identifier les différentes couches de sols.
- ✓ Prévoir le comportement futur des assises.

Et on peut dire que la géotechnique est une base de donner pour tout ouvrage.

I. 1.4. Caractéristique physique d'un sol : ^[16]

Physiquement le sol se compose de trois phases

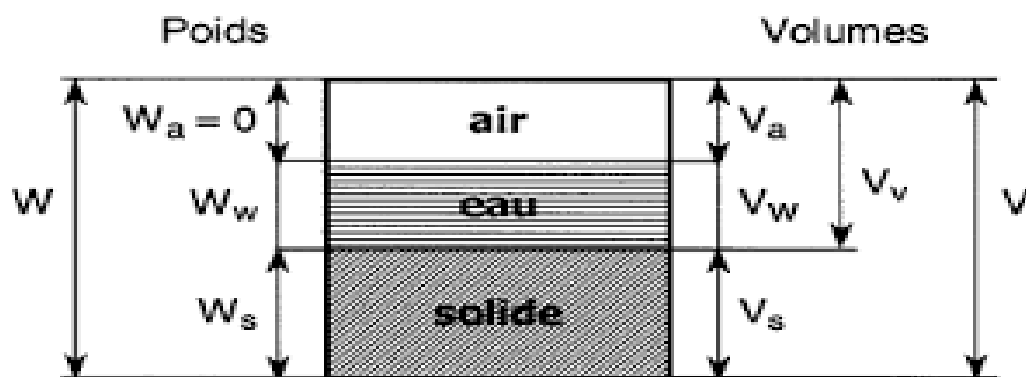


Figure I.1 : Schéma d'un volume élémentaire de sil ; poids et volume des différentes phases.

- a) Solide : sous forme de grains et de particules minérales qui constituent le squelette du sol.
- b) Liquide : ou eau contenue dans les grains ou adsorbé (fixée en surface) et pouvant contenir des sels minéraux.
- c) Gazeux : ou vides remplis d'air et vapeur d'eau.

Les proportions relatives de ces trois constituants influents sur l'état d'un même sol (solide, plastique, pâteux ou même liquide) et deux sols différents peuvent se présenter sous deux états différents quoique ayant la même la composition relative.

Pour caractériser et différencier les sols rencontrés, on utilise souvent une classification. La classification courante distingue les sols selon la dimension des grains minéraux qui les constituent. Mais la classification par dimension des grains ne suffit pas à caractériser un sol du minéral la présence de minéraux différents, de matières organiques influentes sur le comportement des sols, de même que la présence dissous dans l'eau que contiennent toujours.

Cette distinction diffère d'ailleurs selon les usages, et il existe différents système de classification. On cité la classification universelle ou (LPC) utilisée généralement en mécanique des sols et la classification du GTR (guide des terrassement routier) utilisée en géotechnique routière.

Les méthodes de reconnaissance du sol sont très nombreuses et il est rare qu'on les utilise toutes sur un même chantier. L'ingénieur routier a principalement deux objectifs de qualité conditionnés par le comportement des sols :

- La tenue des talus.
- La résistance des remblais et couches des chaussées aux déformations
- Pour assurer cette résistance des remblais il faut qu'il ya :
- Une bonne portance en surface.
- Absence de tassement ultérieur.

Pour cela, on effectue dans le sol des prélèvements et des excavations qui permettent de renseigner d'abord sur la nature des terrains. On réalise ensuite des essais sur le site et au laboratoire sur les prélèvements, pour obtenir les caractéristique physique et mécanique des terrains qui vont supporter les charges transformé par les déférents couches de la chaussée.

Les essais en place (appelés aussi in-situ) mettent en œuvre des équipements lourds. Ils présentent l'avantage de permettre l'étude des terrains tels qu'ils existent à l'état naturel mais ont l'inconvénient de fournir uniquement des indications globales et ne donnent pas de caractéristique qui peuvent être injectées dans les modèles de calcul.

Les essais au laboratoire se font sur des échantillons prélevés par des procédés spéciaux.

Ils donnent avec précision toutes les caractéristiques physiques et mécaniques de sols.

I. 1.5. Essais au laboratoire : ^[16]

Parmi les différents essais de laboratoire utilisés pour la reconnaissance des sols je cite ici avec plus de détail trois essais d'identifications et quatre autres mécaniques.

a. Essais d'identification :

Parmi les essais d'identifications on peut citer :

Analyse granulométrique, Equivalent de sable et les limites d'Atterberg.

b. Essais mécaniques routiers :

L'essai PROCTOR et l'essai CBR.

c. Détermination des caractéristiques chimiques d'un sol :

L'essai couramment utilisé est

La mesure de la teneur en CARBONATE de calcium

I. 2. Essais physiques :^[16]**I. 2.1 La teneur en eau naturelle « W » : NF P 94-050****a. Définition :**

On désigne par teneur en eau la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière, par exemple un échantillon de sol, de roche, de céramique ou de bois, la quantité étant évaluée par un rapport de poids humides sur poids secs.^[11]

b. But :

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

c. Appareillages utilisés :

- Etuve sèche
- Des récipients
- Balance :
 - Balance sensible à 0,01g près pour les sols fins
 - Balance sensible à 0,1g près pour les sols sableux
 - Balance sensible au gramme près pour les sols grossiers.

d. Mode opératoire :

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

- rendre un récipient propre, sec et taré, y placer un échantillon de sol humide d'un poids minimum de :
 - 30g pour les sols fins
 - 300g pour les sols moyens
 - 3000g pour les sols grossiers
- On les place à l'étuve après 15 heures on prend le poids. En principe entre les deux pesées, de la différence est inférieure à 0,1%.

✓ *Calculs de la teneur en eau*

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

$$W = \frac{Ps}{Ph} \times 100$$

- **Phase 1 : Déterminer "Ph" le poids Humide**

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

- Noter le poids indiqué par la balance. C'est le poids humide (Ph).
- **Phase 2 : Déterminer Ps**
 - Installer le réchaud à Gaz sur un endroit plan et abrité.
 - Utiliser des gants et une spatule afin de prévenir tout risque de brûlure. Allumer le réchaud et « cuire » le sol en le mélangeant jusqu'à obtenir un mélange poudreux et totalement sec. (En laboratoire on évapore l'humidité du sol en le plaçant 24 heures dans une étuve à 105°).
 - Laisser la poêle et le mélange refroidir sous surveillance.
 - Peser le mélange et noter le poids sec indiqué. C'est le poids sec (Ps).
- **Phase 3 : Déterminer W%**
 - A l'aide de la calculette, en prenant garde aux priorités de calcul, remplacer les valeurs de Ps et Ph dans la formule mathématique et déterminer la teneur en eau (W) du sol étudié.
 - $[(Ph - Ps) : Ps] \times 100 = \text{Teneur en eau (W)}$



Figure I.2. : Matériels d'essai teneur en eau

I. 2.2 Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053)

- a. Définition : (γ) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

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

- b. Principe de l'essai : on utilise le principe de la poussée d'Archimède.

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

c. But de l'essai : le but de cet essai est de déterminer expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

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

I. 2.3 Analyse granulométrique par tamisage :

a. Définition :

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...). Par métonymie, c'est aussi le nom donné au résultat de cette analyse.

Granularité : distribution dimensionnelle des grains.

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

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

C'est la Fraction d'un matériau comprise entre 80 µm et 50 mm, détermination de la classe granulométrique. (Voir figure)

Par deux méthodes : • Tamisage par voie humide (NFP P 94-041)

• Tamisage à sec après lavage (NF NP P 94-056) ^[12]

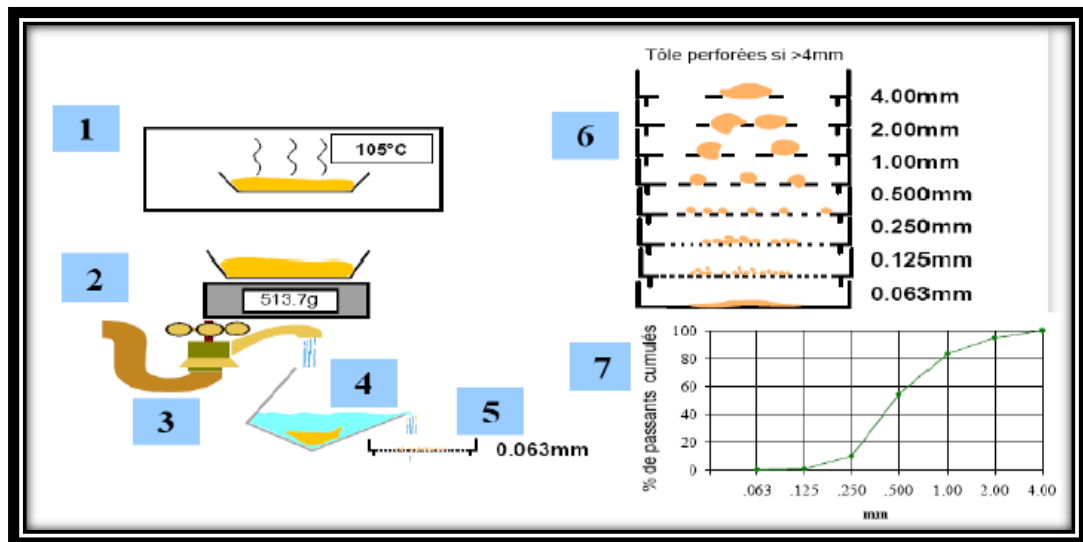


Figure I.3 : Analyse granulométrique

b. But de l'essai :

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

c. Principe de l'essai :

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

d. Matériel utilisé :

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



Figure I.4 : Tamisage électrique et manuel

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

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



Photo I.5 : Méthode d'essai

f. Mode opératoire : [12]

1- Mode opératoire N°1 :

- Calcul de la masse sèche : M_s
- Faire une teneur en eau : w
- Peser l'échantillon humide : M
- $M_s = M / (1+w)$

- Tamisage par voie humide (OBLIGATOIRE)
- Tamis de 80µm
- Séchage des refus à 80µm (sables et graviers)
- Tamisage à sec des refus à 80 µm
- Pesage des refus secs

La figure ci-dessus représente le premier mode opératoire :

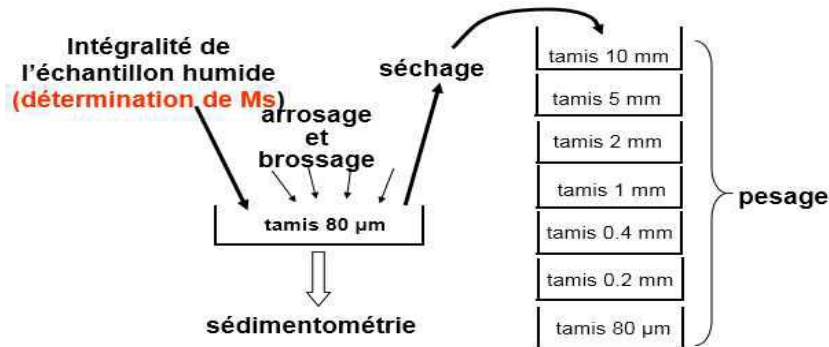


Figure I.6 : Mode opératoire 01

2- Mode opératoire N°2 :

Pesage des refus cumulés (Ri)

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

Calcul du pourcentage des refus (%) (PRi)

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

Calcul du pourcentage des tamisats (%) (Ti)

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

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :

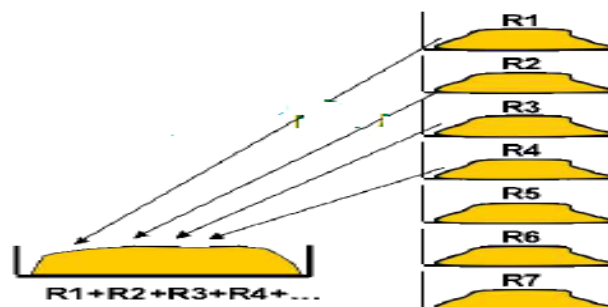


Figure I.7 : Mode opératoire 2

I. 2.4 Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598

a. Définition :

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

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

b. But de l'essai :

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

c. Principe :

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant dans un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon. On complète alors le sable en utilisant le reste de solution flocculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sablep. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur Du sable sur hauteur totale, exprimé en pourcentage. ^[13]

d. *Matériels utilisés* :

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



Photo I.8 : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable.

e. Préparation de l'échantillon pour essai :

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

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

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

f. Mode opératoire :

- Tamisez l'échantillon (tamis de 5mm), et prenez 120 g.
- Remplir l'éprouvette jusqu'au trait inférieur avec la solution lavande, puis ajouter la masse de l'échantillon, et laisser la manipulation pendant 10 mn
- Après les 10 mn on ferme l'éprouvette avec un bouchon et on la pose dans un agitateur et le démarrer (agitation pendant 30s)
- Laver avec la tige d'eau de la solution lavande jusqu'à le trait supérieur
- Après 20 mn, mesurer avec la règle h_1 jusqu'au niveau qui sépare le liquide et le matériau. Et avec le piston on mesure h_2
- Refaire l'essai 3 fois. (**Voir figure**)



Photo I.9 : Essai d'équivalent de sable

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

Tableau I.1 : Nature du sol en fonction d'E.S

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

I. 2.5 Limites d'Atterberg : NF P 94-051

a. Définition :

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent le seuil entre ces différents états elles ont pour valeur la teneur en eau du sol a l'état de transition ont les définir aussi par les notions suivantes telles que : ^[14]

- La limite de liquidité WL qui sépare l'état liquide au plastique
- La limite plasticité Wp qui sépare l'état plastique au solide
- La limite plasticité Ws qui sépare l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait (peu utilisé)

- L'indice de plasticité I_p définit par l'étendu du domaine plastique
- L'indice de consistance relative I_c définit par l'état naturel d'un sol en fonction de sa teneur en eau
- L'indice de liquidité I_L fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative

Relation entre ces différents facteurs :

$$\diamond I_c = \frac{W_L - W_p}{I_p}$$

$$\diamond I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$$

$$\diamond I_p = W_L - W_p$$

b. But de l'essai :

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

c. Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

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

d. Préparation de l'échantillon :

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

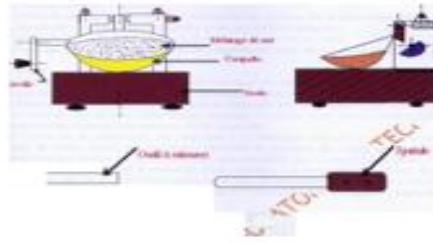
e. Détermination de la limite de liquidité :

e.1 Matériels utilisés :

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



Figure VI.7 : L'appareil de Casagrande



Procédure (schéma d'expérience)

Tracé du sillon à l'aide
de l'outil à rainurerFermeture du sillon
(Lèvres fermées sur 10 mm environ)

Photo VI.8: Réalisation de la rainure dans la pâte

Photo VI.9: Fermeture des lèvres sur ± 1 cm
après application de chocs à la coupelle

Figure I.10 : Matériels utilisés

e. 2 Préparation de l'appareil :

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

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

e. 3 Mode opératoire :

- On remplit la coupelle au % avec le mélange de sol-eau en utilisant la spatule, pour obtenir une épaisseur maximum de 10 mm
- On réalise une rainure centrale qui partage le sol en deux avec l'outil à rainurer tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle.
- A l'aide de la manivelle, on imprime à la coupelle une série de chocs régulière, à raison de deux chocs par seconde. On note le nombre de chocs qui correspond à la fermeture des lèvres de la rainure sur une longueur de 10 mm : On utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la

fermeture se fera pour un nombre de chocs plus élevé, on ajoute un peu d'eau à l'échantillon et on malaxe vigoureuse et on reprend les opérations de 1 -4.

- On prélève à l'aide de la spatule une masse; M_i , (humide) de sol à endroit où les lèvres se sont refermées et On procède à la mesure de sa teneur en eau et on met dans un tare de masse vide M_v et on pèse l'ensemble M_{eh} (tare+sol humide telle que $M_h = M_{eh} - M_v$) puis on pose dans l'étuve et après 24 heures (la durée de séchage) on pèse mon échantillon M_{es} (tare+sol sec telle que $M_s = M_{es} - M_v$).

f. Détermination de la limite de plasticité :

f.1 Mode opératoire :

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

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



Photo I.11 : limite de plasticité

II. 2.6 Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048

a. Définition :

L'essai de carbonate (CaCO_3) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendées mais pas sur les sols. [16]

b. But de l'essai :

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

c. Matériel utilisé :

- Fiole.
- Tamis de 0.200 mm.
- Solution d'acide chlorhydrique.
- Calcimètre. (**Voir la figure ci-dessus**)
- Balance.

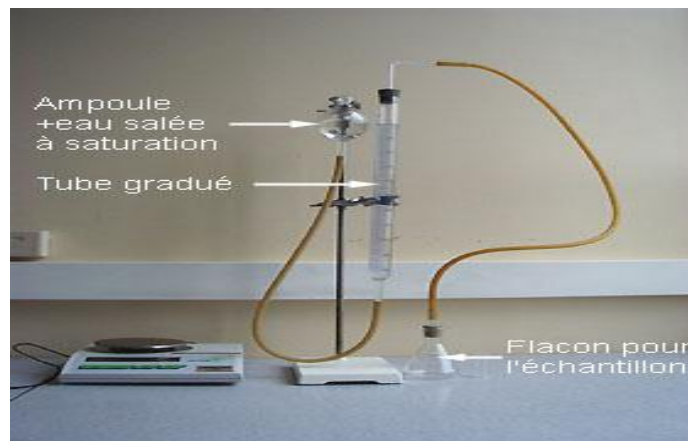


Figure I.12 : Appareillage

d. Préparation de l'échantillon :

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



Photo I.13 : Tamisage de l'échantillon



Photo I.14 : Pesé l'échantillon

e. Mode opératoire :

- Verser la prise m1 dans la fiole.
- Introduire le tube qui contient 10ml de solution d'acide chlorhydrique.
- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse m1.
- Agiter énergiquement la fiole.
- Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne et celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- Noter le volume V de gaz.
- Répéter l'essai aplatir de l'étape de verser la masse dans la fiole mais pour $m' = 0.050, 0.100, 0.200, 0.300g$, et calculer V' .
- Tracer la courbe d'étalonnage.
- Déterminer à partir de la courbe la masse m2.

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

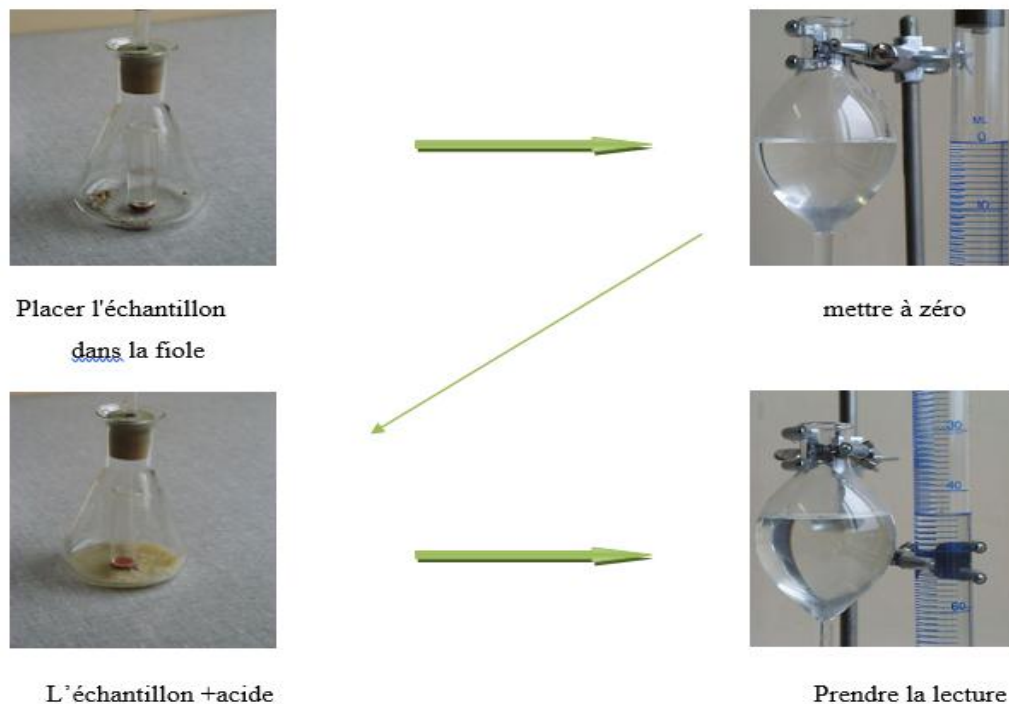


Figure I.15 : Mode opératoire de l'essai carbonate

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

Tableau I.2 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

Teneur en calcaire total	Qualificatif de l'horizon
< 1 %	non calcaire
1 à 5%	peu calcaire
5 à 25%	modérément calcaire
25 à 50%	fortement calcaire
60 à 80%	très fortement calcaire
> 80%	excessivement calcaire

I. 3. Essais mécaniques : ^[16]

I. 3.1 Essai Proctor modifié : NF P 94-093

a. Définition :

L'essai Proctor, mis au point par l'ingénieur Ralph R. Proctor (1933), est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire par compactage à une énergie fixée (dame de poids, nombre de coups et dimensions normés).

Le protocole de l'essai Proctor suit la norme NF P 94-093 (détermination des références de compactage d'un matériau). Les valeurs obtenues par l'essai sont notées pour la teneur en eau optimale, et γ_{OPN} pour la masse volumique sèche optimale. Une autre référence peut être déterminée pour une énergie supérieure (notamment pour des couches de chaussées granulaires), il s'agit de l'optimum Proctor modifié (OPM). (Voir figure)

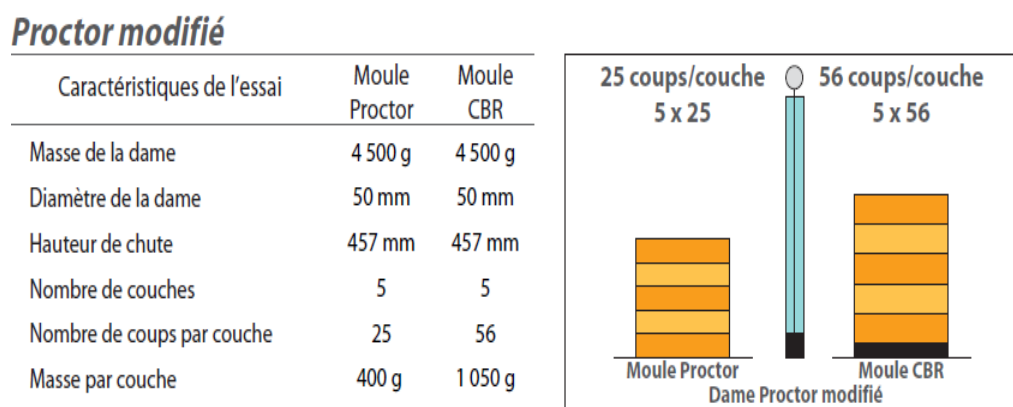


Figure I.16 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié ^[17]

b. But de l'essai :

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

c. Principe de l'essai :

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

d. Appareils utilisés :

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



Figure I.17 : Matériels de l'essai Proctor

e. Mode opératoire :

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

- Araser bien et enfin peser et l'enlevé du moule.

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



Figure I.18 : Etapes de l'essai Proctor

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

III. 3.2 Essai CBR : NF P 94-078

a. Définition :

Pour les sols à vocations routière CALIFORNIA BEARING RATIO permet de finir un indice purement empirique dit indice portant cet indice connu grâce a des abaques permet de calculer l'épaisseur des couches de formation nécessaire d'une chaussée et ceci en fonction de la charge par essieu et du trafic attendu.



Photo I.19 : Matériels d'essai CBR

b. But de l'essai :

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

c. Principe de l'essai :

L'essai consiste à mesurer les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante (1.27 mm/min) dans une éprouvette de matériau, les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué deux enfoncements (2.5 et 5.0 mm) conventionnels sont respectivement rapportées aux valeurs des forces observées sur un rapportées aux valeurs des forces observées sur un matériau de référence pour les mêmes enfoncements. [18]

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

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

d. Mode opératoire :

Il est nécessaire d'effectuer au préalable un essai Proctor modifié afin de déterminer la teneur en eau optimal de compactage de l'échantillon, cette teneur étant connue on prépare le nombre d'éprouvette voulue pour moule CBR, la même énergie de compactage sera adoptée que pour le moule Proctor modifié. Avant compactage un disque est disposé au fond du moule et après compactage le moule est arasé, pesé puis remis sur l'embase on y dispose alors le plateau de gonflement, l'anneau de surcharge, le compactage, le comparateur que l'on règle à zéro, le moule est ensuite mis à imbiber pendant 4 jours au cours desquels on mesure à l'aide du comparateur les gonflements éventuels de l'échantillon, l'imbibition terminée la phase de poinçonnement commence le moule est disposé sur le plateau de la presse le piston est au contact du sol à l'aide de l'indicateur de cadence le poinçonnement s'effectue à vitesse constante de 1.27 mm/min au cours de l'essai la pression correspondante aux enfoncements /0.625 / 1.25 / 2.00 / 2.5 / 5 / 7.5 / 10mm est notée en fin de l'essai l'échantillon est prélevé et sa teneur en eau est déterminée. (Voir figure)



Figure I.20 : Matériels d'essai CBR.

e. Facteurs influents de l'essai :

1) *Teneur en eau :*

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

2) L'énergie de compactage :

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

f. Remarque :

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

- a) L'indice caractérisant l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux : indice portant immédiat (IPE)
- b) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau : CBR immédiat
- c) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des variations de régime hydrique : CBR APRES IMMERSION.

I. 4. Essais chimiques : ^[16]**I. 4.1 Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :****a. Définition :**

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

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

b. Principe de l'essai :

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (0/d) avec $d \leq 10$ mm et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, L'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile. ^[19]

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

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

Avec : X : La masse de bleu introduit

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

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

I. 5. Résultats :

Après avoir prélevé des échantillons (Pk 2+150 et au Pk 3+270), et faire les différents essais cités ci-dessous sur notre projet, les résultats sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau I.3 : Récapitulatif des résultats

%Fines < 80 μ	WNAT (%)	WOPM (%)	ES (%)	Ip (%)	WL (%)	γ dOPM t/m ³	CBR à 100% imbibé	CBR à 100% immédiat	VBS (gr/100gr)
0	21.4	6.80	68.60	N.M	N.M	1.96	6.00	44.60	0.24

❖ Interprétations des résultats :

Ces sables fins testés sont de plasticité non mesurable. Ils présentent une valeur de teneur en eau naturelle moyenne. La valeur de densité sèche OPM est bonne (1.96 T/m³).

Il s'agit des sables fins non agressifs (degré d'agressivité nul vis-à-vis du béton).

Ils sont majoritairement de classification **B-B2, selon le GTR** [guide technique, réalisation des remblais et des couches de forme, **fascicule II**, annexes techniques (Juillet 2000, 2eme Edition)].

Les sols à cet emplacement présentent une portance faible. Ils sont de classe de portance S3 (CBRimbibe= 6.00), selon le Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

« **C.T.T.P »**, **Fascicule I**.

I. 6. Conclusion :

Cette étude géotechnique destinée au deuxième boulevard périphérique de Mostaganem a deux chaussées unidirectionnelles sur d'environ 1.5 kms du Pk 1+775 au Pk 3+250, a permis de déterminer la nature géologique des formations rencontrées en place, de préciser le contexte géologique du site et de déterminer aussi certaines caractéristiques physiques, mécaniques et chimiques des formations naturelles le constituant.

Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix U DA	Quantité	Montant DA
Série 01 : Préparation du terrain					
1-01	Travaux de décapage sur 30cm d'épaisseur	M ²	100.00	74182.8	7418290.00
1-02	Déblais mis en dépôt	M ³	700.00	105505.58	73853906.00
1-03	Remblais d'emprunt.	M ³	800.00	2447.28	1957824.00
TOTAL 1					83230020.00
Série 02 : Corps de chaussées					
2-01	Couche de fondation en TVO sur une épaisseur de 41 cm.	M ³	800.00	9807.04	7845632.00
2-02	Sous Couche en sable sur une épaisseur de 25 cm.	M ³	1000.00	9274.75	9274750.00
2-03	Couche de d'imprégnation 1.00 kg/m ²	M ²	150.00	37099	5564850.00
2-04	Couche de base en grave bitume GC sur une épaisseur de 20 cm.	M ³	2000.00	4903.52	9807040.00
2-04	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux ép. de 10 cm.	T	6000.00	5639.05	338342288.00
2-05	Fourniture et mise en œuvre d'une couche d'accrochage en émulsion cationique 65% dosée à 0.3 kg/m ² .	M ²	150.00	37099	5564850.00
TOTAL 2					32492272.00
Série 03 : Signalisation					
<i>Signalisation horizontale</i>					
Ligne continue					
03-01	Modale de largeur de 15 cm	m	66.00	1613	106458.00

Devis quantitatif et estimatif

03-02	Modale de largeur de 22.5cm	m	73.00	3226	119362.00
Ligne discontinue					
03-03	Modale de largeur de 15 cm	m	66.00	1613	106458.00
03-04	Modale de largeur de 22.5cm	m	82.00	3226	264532.00
Signalisation vertical					
03-05	Panneau de signalisation	U	30 000.00	18	540000.00
03-06	Les flèches de selection	U	660.00	35	23100.00
TOTAL 3					1159937.00
Série 04 : Travaux de finition					
04-01	Rechargement des accotements en tuf sur 2.4 m de largeur et 30 cm d'épaisseur.	M ³	1000.00	1161.36	1161360.00
TPC					
01	Barrière de sécurité en béton (GBA)	ML	6500.00	3226.00	20969000.00
02	Terre végétale d'une épaisseur de 70 cm	M ³	150.00	3387.3	508095.00
03	Un palmier tous les 20 m	U	150 000.00	50	7500000.00
04	Candélabres photovoltaïques tous les 100 m Durée d'allumage 8h	U	200 000.00	150	30000000.00
TOTAL 4					60138455.00
Série 05 : Impact sur l'environnement					
05-01	Mise en place de panneaux d'indication et d'information des usagers et de la population riveraine sur de le déroulement du chantier.	U	60000.00	1	60000.00
05-02	Moyens de collecte des déchets.	U	100000.00	1	100000.00

Devis quantitatif et estimatif

05-03	Aménagement des zones de dépôt.	U	500000.00	1	500000.00
TOTAL 5					606000.00
Série 06 : Assainissement					
06-01	Fossés trapézoïdaux en béton légèrement armé	ML	2500.00	804	2010000.00
PRIX HT					177081284.00
TVA 19 %					33645443.96
PRIX TTC					210726728.00

Prix TTC en lettre : Deux cent dix millions sept cent vingt-six mille sept cent vingt-huit dinars

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation l'Université.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le COVADIS et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et les recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

Référence bibliographique

[1] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/rocade>.

[2] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Rocade_de_Bordeaux.

[3] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute_A507_\(France\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Autoroute_A507_(France)).

[4] : <http://www.pau-circulation.fr/2011/10/une-rocade-a-lamericaine-a-montpellier/>.

[5] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Rocade_2_de_Rabat-Sal%C3%A9.

[6] : Rocade extérieure du Grand-Tunis : Libération de l'emprise foncière à partir de 2014.

[7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Rocade_sud_d%27Alge.

[8] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Rocade_nord_d%27Alger.

[9] : <https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1773828>.

[10] : http://dz.geoview.info/4e_rocade_doran,51065485w.

[11] : <https://www.forumdz.com/showthread.php?34197-La-3-%E9me-Rocade-d-Alger>.

[12] : Etude d'aménagement de la rocade côtière relié honaine ouardania sur 10 km dans la wilaya de Tlemcen.

[13] : Document de la DTP description de la wilaya de Mostaganem.

[14] : mémoire d'étudiant concernant les route de notre université de mostaganem.

[15] : cours de route de 4ème et 5ème années.

[16] : Etude géométrique et géotechnique de la pénétrante à l'autoroute Est-Ouest section Mostaganem du (PK 3 au PK 4+748).

[17] : Les PFE de l'université de Mostaganem 2008-2009.

[18] : le B40 norme technique d'aménagement de route.

Annexe

Annexe 01 :

COVADIS - LISTING D'UN AXE EN PLAN (Nouveau Projet)

Nom du dessin

C:\Users\BOUHADEF\Desktop\variante 2\Nouveau dossier\بسسسس_recover.dwg

Date du listing

25/04/2019 à 14:38:11

Elements d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
Alignement droit		173.5447	0.0000	230877.8017	3970368.8558
Gisement	193.8993		173.5447	230894.4069	3970196.1073
Arc de cercle		483.4543			
X Centre	231342.3422				
Y Centre	3970239.1644				
Rayon	450.0000		656.9990	231166.8452	3969824.7965
Alignement droit		345.8623			
Gisement	125.5045		1002.8613	231485.3213	3969689.9124
Arc de cercle		165.6511			
X Centre	231719.3174				
Y Centre	3970242.4030				
Rayon	600.0000		1168.5124	231644.7868	3969647.0500
Alignement droit		446.4814			
Gisement	107.9284		1614.9938	232087.8102	3969591.5891
Longueur totale		1614.9938			

Annexe 2 :

COVADIS - TABLE DES TABULATIONS - Nouveau Projet

Nom du dessin C:\Users\BOUHADEF\Desktop\Vari
 choisi\بسسسسس_recover_recover_recover_recover.dwg
 Date du listing 15/05/2019 à 11:31:01
 Profil en long 1
 Courbe projet Proj 1

N°	Elément		Ac/In	Distance		Point d'axe		Z	
	Origine	Elément		Cumulée	Partielle	X	Y	Z Projet	Z TN
1	Extremité	AD	X	0.0000	0.0000	230877.802	3970368.856	118.5431	118.5431
2	Interv	AD	X	20.0000	20.0000	230879.715	3970348.948	119.5246	120.8982
3	Interv	AD	X	40.0000	20.0000	230881.629	3970329.039	120.5060	123.8347
4	Interv	AD	X	60.0000	20.0000	230883.543	3970309.131	121.4875	125.6627
5	Interv	AD	X	80.0000	20.0000	230885.456	3970289.223	122.4689	127.0199
6	Interv	AD	X	100.0000	20.0000	230887.370	3970269.315	123.4504	128.8603
7	Interv	AD	X	120.0000	20.0000	230889.284	3970249.406	124.4318	129.7735
8	Interv	AD	X	140.0000	20.0000	230891.197	3970229.498	125.4129	130.5508
9	Interv	AD	X	160.0000	20.0000	230893.111	3970209.590	126.3912	130.7613
10	Axe	Arc	X	173.5447	13.5447	230894.407	3970196.107	127.0519	131.3733
11	Interv	Arc	X	180.0000	6.4553	230895.071	3970189.686	127.3663	131.6968
12	Interv	Arc	X	200.0000	20.0000	230897.711	3970169.863	128.3383	132.6612
13	Interv	Arc	X	220.0000	20.0000	230901.229	3970150.177	129.3072	133.2538
14	Interv	Arc	X	240.0000	20.0000	230905.618	3970130.666	130.2730	133.6629
15	Interv	Arc	X	260.0000	20.0000	230910.870	3970111.369	131.2357	133.7371
16	Interv	Arc	X	280.0000	20.0000	230916.974	3970092.325	132.1952	133.6150
17	Interv	Arc	X	300.0000	20.0000	230923.918	3970073.571	133.1516	133.5052
18	Interv	Arc	X	320.0000	20.0000	230931.688	3970055.144	134.1049	133.5504
19	Interv	Arc	X	340.0000	20.0000	230940.270	3970037.081	135.0550	133.8420
20	Interv	Arc	X	360.0000	20.0000	230949.645	3970019.416	136.0020	134.1598
21	Interv	Arc	X	380.0000	20.0000	230959.797	3970002.186	136.9461	134.8109
22	Interv	Arc	X	400.0000	20.0000	230970.703	3969985.423	137.8894	135.4807
23	Interv	Arc	X	420.0000	20.0000	230982.344	3969969.162	138.8327	136.6235
24	Interv	Arc	X	440.0000	20.0000	230994.696	3969953.434	139.7762	137.9883
25	Interv	Arc	X	460.0000	20.0000	231007.734	3969938.270	140.7245	139.4172
26	Interv	Arc	X	480.0000	20.0000	231021.433	3969923.701	141.6794	141.0642
27	Interv	Arc	X	500.0000	20.0000	231035.766	3969909.754	142.6410	142.7514
28	Interv	Arc	X	520.0000	20.0000	231050.704	3969896.459	143.6093	144.3708
29	Interv	Arc	X	540.0000	20.0000	231066.218	3969883.840	144.5842	145.9428
30	Interv	Arc	X	560.0000	20.0000	231082.278	3969871.922	145.5657	147.4195
31	Interv	Arc	X	580.0000	20.0000	231098.851	3969860.730	146.5496	148.8131
32	Interv	Arc	X	600.0000	20.0000	231115.906	3969850.286	147.5335	150.0519
33	Interv	Arc	X	620.0000	20.0000	231133.407	3969840.609	148.5173	151.1687
34	Interv	Arc	X	640.0000	20.0000	231151.321	3969831.720	149.5012	152.1628
35	Axe	AD	X	656.9990	16.9990	231166.845	3969824.796	150.3375	152.8902
36	Interv	AD	X	660.0000	3.0010	231169.609	3969823.626	150.4851	153.0098
37	Interv	AD	X	680.0000	20.0000	231188.025	3969815.826	151.4690	154.0023
38	Interv	AD	X	700.0000	20.0000	231206.441	3969808.026	152.4529	154.7962
39	Interv	AD	X	720.0000	20.0000	231224.858	3969800.226	153.4368	155.2997
40	Interv	AD	X	740.0000	20.0000	231243.274	3969792.427	154.4206	155.7273
41	Interv	AD	X	760.0000	20.0000	231261.690	3969784.627	155.4045	156.3476
42	Interv	AD	X	780.0000	20.0000	231280.107	3969776.827	156.3884	156.9363

43	Interv	AD	X	800.0000	20.0000	231298.523	3969769.027	157.3541	157.4736
44	Interv	AD	X	820.0000	20.0000	231316.939	3969761.227	158.2867	157.8296
45	Interv	AD	X	840.0000	20.0000	231335.356	3969753.427	159.1862	158.2852
46	Interv	AD	X	860.0000	20.0000	231353.772	3969745.627	160.0526	158.6978
47	Interv	AD	X	880.0000	20.0000	231372.188	3969737.828	160.8858	159.0517
48	Interv	AD	X	900.0000	20.0000	231390.605	3969730.028	161.6859	159.4078
49	Interv	AD	X	920.0000	20.0000	231409.021	3969722.228	162.4530	160.1184
50	Interv	AD	X	940.0000	20.0000	231427.437	3969714.428	163.1959	160.7603
51	Interv	AD	X	960.0000	20.0000	231445.854	3969706.628	163.9196	161.5986
52	Interv	AD	X	980.0000	20.0000	231464.270	3969698.828	164.5514	162.2856
53	Interv	AD	X	1000.0000	20.0000	231482.687	3969691.028	165.0831	162.8481
54	Axe	Arc	X	1002.8613	2.8613	231485.321	3969689.912	165.1510	162.8947
55	Interv	Arc	X	1020.0000	17.1387	231501.196	3969683.455	165.5148	163.1828
56	Interv	Arc	X	1040.0000	20.0000	231519.946	3969676.496	165.8466	163.2976
57	Interv	Arc	X	1060.0000	20.0000	231538.916	3969670.166	166.0942	163.1716
58	Interv	Arc	X	1080.0000	20.0000	231558.088	3969664.471	166.2903	162.9884
59	Interv	Arc	X	1100.0000	20.0000	231577.438	3969659.419	166.4065	162.7842
60	Interv	Arc	X	1120.0000	20.0000	231596.946	3969655.014	166.4426	162.5758
61	Interv	Arc	X	1140.0000	20.0000	231616.590	3969651.262	166.3987	162.3132
62	Interv	Arc	X	1160.0000	20.0000	231636.348	3969648.167	166.2748	161.9989
63	Axe	AD	X	1168.5124	8.5124	231644.787	3969647.050	166.1978	161.8834
64	Interv	AD	X	1180.0000	11.4876	231656.185	3969645.623	166.0709	161.7498
65	Interv	AD	X	1200.0000	20.0000	231676.030	3969643.139	165.8168	161.3743
66	Interv	AD	X	1220.0000	20.0000	231695.876	3969640.654	165.5619	160.8748
67	Interv	AD	X	1240.0000	20.0000	231715.721	3969638.170	165.3070	160.4994
68	Interv	AD	X	1260.0000	20.0000	231735.566	3969635.686	165.0521	159.8429
69	Interv	AD	X	1280.0000	20.0000	231755.411	3969633.201	164.7972	159.4480
70	Interv	AD	X	1300.0000	20.0000	231775.256	3969630.717	164.5423	159.3910
71	Interv	AD	X	1320.0000	20.0000	231795.101	3969628.233	164.2874	159.2982
72	Interv	AD	X	1340.0000	20.0000	231814.946	3969625.748	164.0325	159.3098
73	Interv	AD	X	1360.0000	20.0000	231834.791	3969623.264	163.7776	159.6790
74	Interv	AD	X	1380.0000	20.0000	231854.636	3969620.779	163.5227	159.9924
75	Interv	AD	X	1400.0000	20.0000	231874.481	3969618.295	163.2679	160.2417
76	Interv	AD	X	1420.0000	20.0000	231894.327	3969615.811	163.0130	160.4756
77	Interv	AD	X	1440.0000	20.0000	231914.172	3969613.326	162.7581	160.6430
78	Interv	AD	X	1460.0000	20.0000	231934.017	3969610.842	162.5032	160.7207
79	Interv	AD	X	1480.0000	20.0000	231953.862	3969608.358	162.2483	161.2735
80	Interv	AD	X	1500.0000	20.0000	231973.707	3969605.873	161.9934	161.3356
81	Interv	AD	X	1520.0000	20.0000	231993.552	3969603.389	161.7385	161.5553
82	Interv	AD	X	1540.0000	20.0000	232013.397	3969600.905	161.4836	161.8359
83	Interv	AD	X	1560.0000	20.0000	232033.242	3969598.420	161.2287	161.7040
84	Interv	AD	X	1580.0000	20.0000	232053.087	3969595.936	160.9738	161.4461
85	Interv	AD	X	1600.0000	20.0000	232072.932	3969593.452	160.7189	160.9205
86	Extremité	AD	X	1614.9938	14.9938	232087.810	3969591.589	160.5279	160.5279

Annexe 03 :

RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI-REMBLAI PAR PROFIL - Nouveau Projet

Nom du dessin D:\notr mimoir\fat dossier\CLOTHOID_recover_recover.dwg

Date du listing 31/05/2019 à 17 :59 :01

Profil en long 1

Courbe projet Proj 1

Mét Linéaire

hode

:

Volume cumulé déblais (m³) 45842.9 -5517.41

2

Volume cumulé remblais 51360.3

(m³) 4

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0.00	10.00	18.94	9.24	28.18	281.80	281.80	0.90	0.43	1.33	13.29	13.29
P2	20.00	20.00	31.70	28.90	60.61	1212.15	1493.95	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P3	40.00	20.00	47.28	40.90	88.18	1763.61	3257.55	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P4	60.00	20.00	57.06	48.81	105.87	2117.48	5375.03	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P5	80.00	20.00	61.33	58.85	120.18	2403.55	7778.58	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P6	100.00	10.97	70.58	64.45	135.03	1481.59	9260.17	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P7	101.95	10.00	70.72	64.18	134.90	1349.03	10609.20	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P8	120.00	19.03	69.68	62.52	132.20	2515.42	13124.62	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P9	140.00	20.00	66.89	61.10	127.99	2559.84	15684.45	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P10	160.00	20.00	57.78	54.55	112.33	2246.65	17931.11	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P11	180.00	20.00	54.10	54.80	108.90	2177.94	20109.05	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P12	200.00	20.00	52.42	54.73	107.15	2143.02	22252.07	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P13	220.00	20.00	48.06	51.07	99.13	1982.67	24234.75	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P14	240.00	11.53	41.66	44.75	86.41	996.51	25231.26	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P15	243.07	10.00	40.67	43.77	84.44	844.38	26075.63	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P16	260.00	18.47	31.30	33.51	64.81	1196.79	27272.42	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P17	280.00	20.00	20.02	20.23	40.25	804.99	28077.41	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
P18	300.00	20.00	9.42	8.49	17.91	358.26	28435.67	0.00	0.02	0.02	0.37	13.66
P19	320.00	20.00	0.61	0.01	0.62	12.33	28448.00	1.67	1.90	3.56	71.30	84.96
P20	340.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	8.41	9.53	17.94	358.88	443.84
P21	360.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	15.05	17.05	32.10	642.10	1085.93
P22	380.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	18.47	20.44	38.91	778.10	1864.03
P23	400.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	21.64	23.48	45.12	902.43	2766.47

P24	420.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	19.96	20.04	40.00	800.10	3566.56
P25	440.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	15.45	14.72	30.17	603.42	4169.99
P26	460.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28448.00	9.72	8.78	18.50	369.96	4539.95
P27	480.00	20.00	0.12	0.95	1.07	21.43	28469.43	1.65	1.63	3.28	65.51	4605.46
P28	500.00	20.00	6.61	7.89	14.50	289.95	28759.38	0.28	0.25	0.52	10.41	4615.87
P29	520.00	20.00	13.21	15.47	28.67	573.49	29332.87	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P30	540.00	20.00	19.27	22.54	41.81	836.14	30169.01	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P31	560.00	20.00	24.47	28.66	53.13	1062.61	31231.62	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P32	580.00	12.70	28.63	33.34	61.97	787.03	32018.65	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P33	585.40	10.00	29.34	34.32	63.66	636.57	32655.21	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P34	600.00	17.30	31.28	36.68	67.95	1175.56	33830.77	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P35	620.00	20.00	32.58	38.18	70.75	1415.08	35245.85	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P36	640.00	20.00	32.98	38.47	71.45	1428.93	36674.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P37	660.00	20.00	31.42	37.01	68.44	1368.72	38043.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P38	680.00	20.00	31.89	38.02	69.91	1398.26	39441.76	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P39	700.00	20.00	30.72	34.24	64.96	1299.22	40740.98	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P40	720.00	13.26	24.58	28.37	52.95	702.16	41443.14	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P41	726.52	10.00	22.45	26.43	48.88	488.75	41931.89	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P42	740.00	16.74	18.08	22.51	40.59	679.44	42611.33	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P43	760.00	20.00	13.74	18.64	32.39	647.74	43259.07	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P44	780.00	20.00	9.01	14.58	23.58	471.68	43730.75	0.00	0.00	0.00	0.00	4615.87
P45	800.00	20.00	3.98	10.18	14.16	283.28	44014.03	0.42	0.24	0.66	13.19	4629.06
P46	820.00	20.00	0.15	3.73	3.87	77.46	44091.49	1.70	1.39	3.09	61.79	4690.85
P47	840.00	20.00	0.00	0.06	0.06	1.15	44092.64	6.55	3.41	9.96	199.20	4890.05
P48	860.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	11.67	9.28	20.95	418.96	5309.00
P49	880.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	17.22	14.80	32.02	640.37	5949.38
P50	900.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.32	19.65	41.97	839.34	6788.72
P51	920.00	19.96	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.72	20.56	43.28	863.60	7652.32
P52	939.91	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.79	21.95	44.74	447.35	8099.67
P53	940.00	10.04	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.78	21.95	44.73	449.33	8549.00
P54	960.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	21.13	21.18	42.31	846.26	9395.26
P55	980.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	20.76	20.69	41.46	829.13	10224.39
P56	1000.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	21.06	20.74	41.79	835.89	11060.29
P57	1020.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.18	23.54	45.72	914.41	11974.70
P58	1040.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	26.02	212.45	238.47	4769.36	16744.06
P59	1060.00	10.71	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	31.01	26.42	57.43	614.83	17358.89
P60	1061.41	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	31.37	26.85	58.22	582.18	17941.07
P61	1080.00	19.29	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	35.83	32.23	68.06	1313.16	19254.24
P62	1100.00	12.78	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	39.37	36.15	75.53	965.30	20219.54
P63	1105.56	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	40.24	37.04	77.27	772.73	20992.27

P64	1120.00	17.22	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	42.00	39.01	81.02	1395.07	22387.34
P65	1140.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	44.60	41.68	86.28	1725.68	24113.03
P66	1160.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	46.58	43.36	89.94	1798.79	25911.81
P67	1180.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	47.16	43.74	90.90	1818.04	27729.86
P68	1200.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	49.19	44.62	93.81	1876.16	29606.02
P69	1220.00	13.53	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	51.22	48.50	99.72	1349.31	30955.33
P70	1227.06	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	51.86	49.07	100.93	1009.34	31964.68
P71	1240.00	16.47	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	52.83	50.89	103.71	1708.09	33672.77
P72	1260.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	57.29	55.23	112.51	2250.27	35923.04
P73	1280.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	55.96	57.62	113.58	2271.60	38194.64
P74	1300.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	53.66	55.52	109.18	2183.62	40378.26
P75	1320.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	51.79	53.57	105.36	2107.10	42485.36
P76	1340.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	46.85	50.42	97.27	1945.43	44430.79
P77	1360.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	39.88	43.60	83.48	1669.53	46100.32
P78	1380.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	34.21	36.42	70.62	1412.50	47512.82
P79	1400.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	28.44	30.18	58.62	1172.36	48685.18
P80	1420.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	22.87	24.68	47.54	950.86	49636.04
P81	1440.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	17.17	19.48	36.65	732.97	50369.02
P82	1460.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	15.79	13.77	29.56	591.13	50960.15
P83	1480.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44092.64	7.31	4.97	12.27	245.46	51205.61
P84	1500.00	20.00	0.00	1.57	1.57	31.41	44124.04	3.14	1.81	4.96	99.13	51304.74
P85	1520.00	20.00	3.38	5.98	9.36	187.28	44311.32	0.93	0.86	1.79	35.74	51340.49
P86	1540.00	20.00	7.80	11.32	19.12	382.43	44693.76	0.01	0.00	0.01	0.25	51340.74
P87	1560.00	20.00	8.73	12.14	20.87	417.40	45111.16	0.00	0.00	0.00	0.00	51340.74
P88	1580.00	20.00	8.37	11.86	20.23	404.67	45515.83	0.00	0.00	0.00	0.00	51340.74
P89	1600.00	16.34	5.42	9.92	15.35	250.70	45766.52	0.43	0.26	0.68	11.17	51351.91
P90	1612.67	6.34	3.74	8.32	12.06	76.40	45842.92	0.75	0.58	1.33	8.43	51360.34