République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État

Filière : travaux publics

Spécialité : matériaux et structures

Thème

Etude de l'évitement de la ville de Boumerdès sur 10km, avec la conception d'un

Présenté par :

BENKECHIDA YAHIA

Encadré par :

M. BOUKAROUA
Mme. KHOUAS

Promotion 2019/2020

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Je remercie, en premier lieu, notre Dieu le plus Puissant de m'avoir donné la force et le courage Pour effectuer le présent travail.

En second lieu, Je remercie vivement mes parents et ma famille pour leur aide durant tout mon cursus d'étude.

Je tiens à saisir cette occasion et adresser mes remerciements et ma reconnaissance à mon encadreur de mémoire de fin d'étude monsieur BOUKAROUA pour ses précieux conseils et orientations ficelés tout au long de mon travail.

Je remercie vivement mon Co-encadreur madame KHOUAS de m'avoir pris en charge et pour sa disponibilité de son aide et son précieux conseil.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers tous les enseignants, et aussi aux bibliothécaires, aux personnels du centre de calcul, et au personnel de l'administration de l'école et ceux de la DTP BOUMERDES.

A mes amis qui par leurs prières et leurs encouragements qui m'ont permise surmonter les obstacles.

Enfin je remercie toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Je remercie les membres de jury qui m'a Fait l'honneur de présider et d'examiner Ce modeste Travail.

DEDICACES

Avant tout, je remercie premièrement Dieu tout Puissant, de m'avoir donné la force, le courage et la volonté durant tout mon cursus des études et d'avoir réalisé mon travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade d'étude, que Dieu m'aide à les honorer, les servir et les combler.

Je dédie ce modeste travail à :

A ma famille BENKECHIDA et la famille ZIROUTI, pour le courage qui m'a poussé toujours à faire un travail qui reflète leurs aides, sans oublier mon cher frère et mes chères sœurs.

A mes amis :

Abderrahmane, Hamza, Hicham, Hmimi, Younes, Juba, Saad, Oussama, Assia, Meriem, Brahim, et tous mes amis de l'ENSTP promo 2018/2019 et 2019/2020

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

BENKECHIDA YAHIA

ملخص

يتضمن مشروعنا دراسة طريق 2×2 على مسافة 2 كيلومتر تقاطع مع الطريق الوطني رقم 24 ولاية بومرداس
المشروع هو دراسة الطريق في المقطع العرضي النموذجي 2*2
في هذا الملخص سنكتب موجزا والذي يشمل جميع فصول هذه الدراسة للمشروع
قمت باتباع مخطط العمل الذي يبدا بالمقدمة العامة، ثم دراسة حركة المرور واستقراء ل 20 عام في الأفق لتصميم هيكل الطريق النموذجي، دراسة جيومترية للطريق وفقا لمعايير الطريق والتي هي بدلالة السرعة الأساسية، والبيئة، دراسة جيوتقنية، دراسة صرف المياه، تصميم مبادل الطريق، تخطيط المشروع، مقايسة تقديرية، وخاتمة

RESUME

Notre projet consiste à contourner la ville de Boumerdès en 2×2 voies sur 10 km depuis (l'intersection avec la RN24) avec la conception et d'un échangeur.
Le contournement est conçu avec un profil en travers type a chaussée séparée 2×2 voies
Dans ce résumé, nous allons rédiger un bref récapitulatif, qui englobe l'ensemble des chapitres qui constitue notre projet de fin d'étude.
Pour l'élaboration de ce modeste travail on a suivi un plan de travail proposé par l'encadreur qui débute par une introduction générale, une étude de trafic et son extrapolation à l'horizon de 20 ans, pour le dimensionnement de la structure du corps de chaussée de la route projetée, une étude géométrique à l'aide du logiciel PISTE en respectant les normes du tracé, une étude géotechnique, une étude hydraulique, une conception d'un échangeur , un calcul de cubature et des matériaux, planification du projet, un devis quantitatif et estimatif, et qui se termine par une conclusion générale.

Table des matières

I.PRESENTATION DU PROJET 3
I.1Introduction : 3
I.2La problématique 3
I.3CADRE DE I'ETUDE 4
I.4OBJECTIF DU PROJET : 4
I.5DESCRIPTION DU PROJET : 4
I.6Localisation des ouvrages 5
I.7DEMARCHE DE L'ETUDE 5
I.8DOCUMENTS DISPONIPLES : 6
I.9LES ORGANISME CONSULTÈS : 6
II.ETUDE DE TRAFIC 8
II.1Introduction : 8
II.2Différents types de trafics: 8
II.3Modèles de présentation de trafic : 8
II.3.1Prolongation de l'évolution passée : 9
II.3.2Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques : 9
II.3.3Modèle gravitaire : 9
II.3.4Modèle de facteurs croissance : 9
II.4Calcul de la capacité : 10
II.4.1Définition de la capacité : 10
II.4.2La procédure de détermination de nombre de voies : 10
II.5APPLIATION AU PROJET : 13
II.5.1Données de trafic : 13
II.5.2Projection future du projet : 13
II.5.3Calcul du trafic effectif : 13
II.5.4Débit de pointe horaire normale : 14
II.5.5Débit admissible : 14
II.5.6Le nombre de voies : 14
II.5.7Calcul de l'année de saturation : 14
II.5.8Les résultats de calcul 15
II.5.9Conclusion 15
III.Tracé en plan 17
III.1INTRODUCTION : 17
III.2LES ALIGNEMENTS DROITS : 17
III.2.1Application au projet : 17

III.3LES ARCS DE CERCLE :..... 17
III.3.1Visibilité en courbe : 18
III.3.2Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles : 18
III.3.3Stabilité en courbe : 18
III.3.4Application au projet : 20
III.4COURBE DE RACCORDEMENT : 20
III.4.1LES ARCS DE CLOTHOIDE : 20
III.5PARAMETRE FONDAMENTAUX : 21
III.6METHODE DE CONSTRUCTION DE L'AXE DE L'EVITEMENT : 22
IV.PROFIL EN LONG 24
IV.1DEFINITION : 24
IV.2TRACE DE LA LIGNE ROUGE : 24
IV.3Coordination du tracé en plan et profil en long : 25
IV.4DECLIVITES : 26
IV.4.1Déclivité minimum : 26
IV.4.2Déclivité maximum : 26
IV.5LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG : 26
IV.5.1Raccordements convexes : (angle saillant) 26
IV.5.2Raccordements concaves : (angle rentrant) : 28
V.PROFIL EN TRAVERS 30
V.1DEFINITION : 30
V.2LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS : 30
V.2.1Chaussée : 30
V.2.2La largeur roulable : 30
V.2.3Plateforme : 30
V.2.4L’assiette : 30
V.2.5L’emprise : 31
V.2.6Les accotements : 31
V.2.7Le terre-plein central : 31
V.2.8Le fossé : 31
V.3CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS : 32
V.3.1Le profil en travers type : 32
V.3.2Le profil en travers courant : 32
V.4LA PENTE TANSVERSALE DU PROFIL EN TRAVERS : 32
V.4.1En alignement et en courbe non déversée 32
V.4.2En courbe déversée 32
V.4.3Changement de dévers 32

V.4.4Point de rotation des dévers 33
V.5APPLICATION AU PROJET : 33
VI.CUBATURES & MOUVEMENT DE TERRES : 35
VI.1Définition de cubature : 35
VI.2METHODES DE CALCUL DES CUBATURES : 35
VI.2.1La formule de sarraus : 35
VI.2.2Résultats des calculs des cubatures 36
VI.3Définition de mouvement de terre : 37
VI.4Objectif et but de l'étude : 37
VII.ETUDE GEOTECHNIQUE : 39
VII.1INTRODUCTION : 39
VII.2OBJECTIF DE LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE : 39
VII.3les étapes à suivre pour faire un rapport géotechnique routier : 39
VII.3.1 39
VII.3.2Les Différents Essais En Laboratoire : 41
VIII.Dimensionnement du corps de chaussée : 45
VIII.1INTRODUCTION: 45
VIII.2Définition d'une chaussée : 45
VIII.2.1Au sens géométrique : 45
VIII.2.2Au sens structurel : 45
VIII.3Définition de la chaussée souple : 45
VIII.3.1Couche de surface : 45
VIII.3.2Couche de base: 46
VIII.3.3Couche de fondation: 46
VIII.3.4Couche de forme: 46
VIII.4METHODES DE DIMENSIONNEMENT : 46
VIII.4.1Methode C.B.R (California – Bearing – Ratio): 46
VIII.4.2Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) : 49
IX.Hydraulique et assainissement 58
IX.1INTRODUCTION : 58
IX.2ETUDE HYDRAULOGIQUE 58
IX.2.1Caractéristique du climat : 58
IX.2.2Caractéristique des bassins versants : 59
IX.2.3La pluviométrie : 59
IX.3DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT : 60
IX.3.1Intensité de la pluie : 60
IX.3.2Le coefficient de ruissellement : 62

IX.3.3Pente de pose des ouvrages : 62
IX.3.4Estimation du débit de crue : 62
IX.3.5Estimation de débit de saturation (Qs) : 63
IX.4APPLICATION AU PROJET : 64
IX.4.1Caractéristiques morphologiques des bassins versant : 64
IX.4.2Calcul pluviométrique : 64
IX.4.3LES OUVRAGES FRANCHISSANT : 65
IX.4.4LES OUVRAGES HYDRAULIQUE DANS L'EVITEMENT : 71
X.CHOIX ET CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 73
X.1INTRODUCTION : 73
X.2LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS : 73
X.2.1Echangeurs majeurs : 73
X.2.2Echangeurs mineur : 74
X.3CHOIX DE L'ECHANGEUR : 74
X.4CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS : 75
X.4.1Le Pont : 75
X.4.2Les Carrefours plans : 75
X.4.3Les Brettelles : 76
X.5Visibilité dans un échangeur 76
X.5.1Visibilité sur une entrée : 76
X.5.2Visibilité le long des bretelles ou des branches : 76
X.5.3Visibilité sur une sortie : 77
X.5.4Visibilité sur un lit d'arrêt : 77
X.6Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) : 77
X.6.1Voies d'insertion (d'accélération) : selon la norme (B40) 77
X.6.2Voies de décélération : 78
X.7APPLICATION AU PROJET : 78
X.7.1Les différentes directions de cet échangeur : 78
X.7.2Vitesse sur les bretelles 79
X.7.3Configuration de tracé à adopter 79
XI.Equipement de la route : 81
XI.1SECURITE : 81
XI.2BARRIERES DE SECURITE : 81
XI.2.1Sur le T.P.C : 81
XI.2.2Sur l'accotement 82
XI.3SIGNALISATION : 83
XI.4OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE : 83

XI.5TYPES DE SIGNALISATION : 84
XI.5.1Signalisation verticale : 84
XI.5.2Signalisation horizontale : 84
XI.5.3Largeur des lignes : 84
XI.6LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION : 84
XI.7ECLAIRAGE 86
XI.8CATEGORIES D'ECLAIRAGE : 86
XI.9PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES : 86
XII.Impact Sur L'environnement 89
XII.1Introduction 89
XII.2Cadre juridique : 89
XII.3Sources d'impact : 89
XII.3.1Impacts de la phase réalisation du projet 89
XII.3.2Impact de la phase d'exploitation du projet : 91
XII.3.3Mesures de compensation des impacts négatifs en phase chantier 91
XIII.CONCLUSION GENERALE : 97

Introduction

A La fin de chaque cycle de formation, l'école national supérieure des travaux publics (ENSTP), prévoit dans son programme du deuxième semestre de la 3eme année cycle ingénieur un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois environ. L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- Compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- S'intégrer au monde du travail.
- Connaître les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics

De ce fait l'étudient est appelé à fournir beaucoup d'effort, faire des observations ; des remarques afin de présenter un travail qui est digne de son nom.

C'est dans ce cadre que la direction des travaux public (DTP) De Boumerdes m'a proposé un projet de fin d'étude qui consiste a :

L'Etude de l'évitement de la ville de Boumerdes sur un linéaire de 10 km avec conception d'un échangeur. Les avantages qui découlent de notre projet sont de deux ordres à savoir :

Les avantages directs : concernent principalement tous les usagers de la route :

Gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules.

Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts, de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

Les avantages indirects : ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Chapitre (I)

PRESENTATION DU PROJET

I.1. Introduction.

I.2. Problématique.

I.3. Cadre de l'étude.

I.4. Objectifs Du projet.

I.5. Description du projet.

I.6. Localisation des ouvrages.

I.7. Démarche de l'étude

I.8. Document disponible.

I.9. Les organismes consultés

I. PRESENTATION DU PROJET

I.1 Introduction :

Boumerdès wilaya du nord de l'Algérie, elle est située à 45 km à l'Est de la capitale Alger, et à 65 km au nord-ouest de Tizi-Ouzou. La Wilaya de Boumerdès s'étend sur une superficie de 1 456,16 Km2, avec une façade maritime de 100 km. Administrativement, la wilaya compte 32 communes dont 09 sont des chefs-lieux de Daïra.sa population a été évaluée, en 2008 à 801 068 habitants, La répartition de cette population sur son territoire est homogène avec une nette concentration au niveau des agglomérations chefs-lieux de communes.



Figure I-1 : Image de la ville de Boumerdés

I.2 La problématique

La région du centre du pays, en particulier la wilaya Boumerdès qui est le carrefour de passage pour les autres wilayas limitrophes (Tizi-Ouzou -Alger) a connu une forte croissance socio-économique d'où une demande croissante et rapide dans les déplacements surtout en période estivale, ce qui induit un flux migratoire arrivant de toutes les directions du pays.

Les centres urbains et suburbains connaissent beaucoup de problèmes liés à la croissance du trafic dont on citera :

1. Les embouteillages et le phénomène d'encombrement durant les heures de pointe.
2. L'inconfort pour les usagers.
3. Les accidents.
4. Les nuisances liées à l'environnement : bruit, pollution…etc.

Ces problèmes peuvent être résolus par une étude de transport et mise en place d'une cellule qui devra prendre en charge tous les problèmes de déplacement des usagers dans la région.

C'est pour cela, les autorités ont pensé au lancement d'une réflexion sur la déviation d'une partie de trafic par la création d'un évitement passant par la rocade sud de la ville de Boumerdes, celle-ci permettra alors de fluidifier les échanges sur l'axe du littoral (RN24) et avec les pénétrantes nord -sud (RN5, CW146), et de soulager la cette ville du trafic d'échange et de transit.

I.3 CADRE DE I'ETUDE

Après la confrontation des variantes proposées lors de l'étude en APS, la DTP de Boumerdes m'a proposé de faire une étude dans le stade d'APD pour le couloir retenue, qui s'installe sur un terrain d'environnement vallonné (E3), Catégorie de la route C3

I.4 OBJECTIF DU PROJET :

Le but essentiel de notre projet est de transférer une partie du trafic de la RN24 qui passe par le littoral à une nouvelle infrastructure routière en évitant l'agglomération de la ville de Boumerdès, décongestionnant ainsi cette dernière. Par ailleurs, cet évitement aura des retombées certaines sur l'aspect économique et environnemental de la région.

Cette nouvelle infrastructure devra permettre une circulation plus facile, et de procurer aux usagers de cette route des avantages dont l'importance justifie la dépense engagée.

I.5 DESCRIPTION DU PROJET :

Le projet est une voie d'évitement de la ville de Boumerdes, devant relier sur 10 km l'entrée Sud-Est de la ville, à la région de Benyounes dans la commune de Zemmouri (Est) à la RN 24 via la Route EL LOUZ, véhiculant un trafic journalier important estimé à l'ordre de 6500v/j, avec un pourcentage de 15% en poids lourds.

- **Départ** : sud-est de la ville de Boumerdes délimitée par intersection avec CW146
- **FIN de projet** : dans l'intersection avec route LOUZ -la RN24 (SGHIRATE)

L'évitement intercepte un chemin wilaya CW146 qui mène à la ville de Boumerdes, l'évitement continue en passant à cotée de ce chemin de fer d'une façon presque parallèle sur un linaire de 800m jusqu'au il revient progressivement vers le côté nord est en traversant des champs agricoles, en tenant compte des surfaces traversées et en évitant au maximum de passer au centre des terrains.

Le projet, il sera aménagé un ouvrage d'art, afin d'assurer un écoulement de Oued El louz, puis après cet ouvrage le tracé s'étend sur une plate-forme en déblai bien large jusque à-il intercepte une route qui mène vers Thenia, là où j'ai prévu un échangeur de type trempette.

le tracé traverse un relief accidenté, passant sur un terrain d'oliviers incliné et le profil en grande partie est en déblai ou mixte, et à 4 km de ce point, l'évitement descend avec une pente maximale de 8.25% pour le raccorder avec l'ancienne RN 24, où j'ai prévu un échangeur.

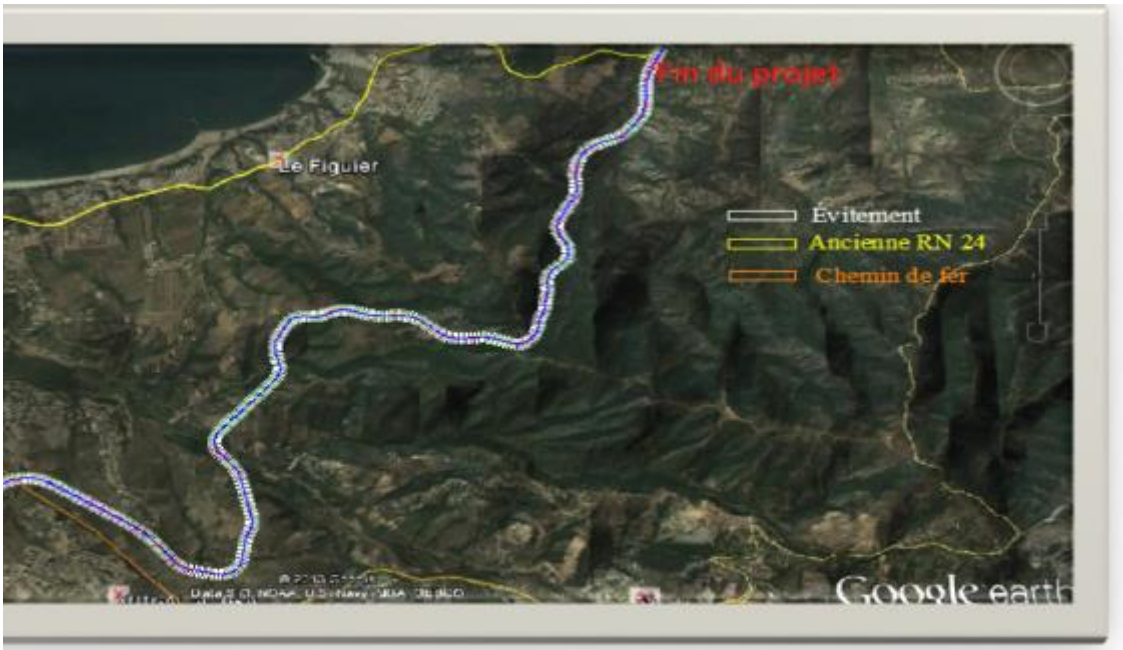


Figure I.2.Situation géographique du projet

I.6 Localisation des ouvrages

L'étude de ce genre de projet a besoin de réflexion et une bonne prise de décisions vue sa topographie, qui varie de terrain plat au terrain vallonné, il traverse certains chemins routiers, les conduites de gaz, ce qui nécessite la projection des nouveaux ouvrages (passage supérieur et inférieur, pont cadre, et passages buses, renforcement des talus)

Comme j'ai constaté pour des raisons de sécurité qu'il est nécessaire de prévoir la réalisation des ouvrages en béton. (Des dalots) pour protéger les conduites de gaz passant par cette zone.

I.7 DEMARCHE DE L'ETUDE

Pour atteindre l'objectif visé, mon travail a été structuré comme suit :

- Etude du trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- Dimensionnement du corps de chaussée.
- Conception d'un échangeur.

- Etude d'assainissement.
- Etude des impacts sur l'environnement.
- Etude des dispositifs de sécurité, de signalisation et éclairage.

L'itinéraire de l'évitement se présente comme suit :

- Deux chaussées de 7m de largeur pour chacune.
- Des accotements de 1.8 m de largeur.
- Un terre-plein central de 3m de largeur.
- Des fossés et des ouvrages hydrauliques seront dimensionnés dans le chapitre d'assainissement pour la protection des talus de (déblais/remblais).

I.8 DOCUMENTS DISPONIPLES :

Cette étude a été réalisée sur la base des documents suivants :

- Levé topographiques (semi de point).
- Cartes d'état-major au 1/25 000.
- Résultats de la campagne de trafic de 2017 réalisée par la DTP.
- Données climatiques pluviométriques.
- Etudes et documents consultés.

I.9 LES ORGANISME CONSULTÈS :

Plusieurs organismes ont été consultés dans le cadre de cette étude notamment :

- DTP de la wilaya de Boumerdès ;
- Institue Nationale de Cartographie (INC).
- Agence Nationale des Ressources Hydriques de Boumerdès (ANRH).

Chapitre (II)

ETUDE DE TRAFIC

II.1. Introduction.

II.2. Différents types de trafic.

II.3. Analyse du trafic

II.4. Calcul de la capacité

II.5. Application au projet.

II. ETUDE DE TRAFIC

II.1 Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute étude relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la nature du trafic, et aussi le type d'aménagement à réaliser. Elle impactera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées.

Comme elle s'attachera à la connaissance des trafics :

- La nature des flux, pour déterminer les points d'échange
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement les dimensionnements de la structure de la chaussée.

II.2 Différents types de trafics:

a) Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

b) Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

c) Trafic induit : C'est le trafic qui 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.

d) Trafic total : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3 Modèles de présentation de trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.

- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

II.3.1 Prolongation de l'évolution passée :

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

Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Où :

- T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- τ : est le taux de croissance (Notre route a un taux de 6%)

II.3.2 Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

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

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude.

II.3.3 Modèle gravitaire :

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

II.3.4 Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone. Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « Prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

II.4 Calcul de la capacité :

II.4.1 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions >> avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II.4.2 La procédure de détermination de nombre de voies :

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

a) Calcul du (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0\,(1+\tau)^n$$

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon.
- $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.
- n : nombre d'année.
- τ : taux d'accroissement du trafic (%).

b) Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de : Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL (poids lourd) en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

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

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-20

Tableau 1 coefficient d'équivalence « P »

c) Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif a l'horizon, il et exprimé en unité de véhicule particulier (UVP) et donné par la formule suivante :

$$Q= (1 /n). T_{eff}$$

- Q : débit de pointe horaire
- n : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- T_{eff} : trafic effectif.

d) Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K_i.K_2.\ C_{th}\ [Uvp/h]$$

- K_i : coefficient lié à l'environnement.
- K_2 : coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 2 des valeurs de K1

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 3 des valeurs de K2

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

Tableau 4 des valeurs de la Capacité théorique C_{th}

e) Calcul du nombre de voies :

A - Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare Q à Qadm et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \leq Q$

B - Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

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

$$N = S.\ Q/Q_{adm}$$

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égale à 2/3
- Q_{adm} : débit admissible par voie

II.5 APPLIATION AU PROJET :

II.5.1 Données de trafic :

En se basant sur les données de trafic effectuées par la DTP (année 2017) pour la Wilaya de Boumerdes, les données sont les suivantes :

- Le comptage effectué en 2017 : $TJMA_{2017} = 6500$ (v/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$.
- Environnement E3, catégorie de la route C3
- La vitesse de base sur le tracé VB= 60 (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds PL= 15 %.
- L'année de mise en service sera en 2020.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- $CBR_{moyen} = 6$

II.5.2 Projection future du projet :

L'année de mise en service (2020) donc :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1+ \tau)^n$$

$$TJMA_{2020} = TJMA_{2017} (1+ 0.04)^3$$

$$TJMA_{2020} = 6500 (1+ 0.04)^3 = 7312 \text{ v/j.}$$

Le trafic a l'année (2040) pour une durée de vie de 20ans :

$$TJMA_{2040} = TJMA_{2020} (1+ 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2040} = 7312 (1+ 0.04)^{20} = 16021 \text{ v/j.}$$

II.5.3 Calcul du trafic effectif :

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

- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

  Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E3, on a P=8 (tableau.1)

- Z : pourcentage de poids lourds est égale à 15 (%).

$$T_{eff} = [(1 - 0.15) + 8.0.15].16021 = 32843 \text{ (UVP/j)}.$$

Donc : $T_{eff} = 32843$ (UVP/j).

II.5.4 Débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n).T_{eff}$$

Avec : (1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$$Q = 0{,}12 \times 32843 = 3941 \text{ (UVP/h)}.$$

Donc : $Q = 3941$ (UVP/h).

II.5.5 Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K_i.K_2.C_{th} \text{ [Uvp/h]}$$

- K1 : coefficient correcteur pris égal à 0,90 pour E3. (Tableau (02))
- K2 : coefficient correcteur pris égal à 0,97 pour environnement (E3) catégorie (C3). (Tableau (03))
- Cth : capacité effective par voie. D'après (B40) on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées ; On prend : Cth=1800 (UVP/h). (Tableau (04)).

$$Q_{adm} = 0,90 \times 0,97 \times 1800 = 1571 \text{(UVP/h)}.$$

Donc: $Q_{adm} = 1571$ (UVP/h).

II.5.6 Le nombre de voies :

On a :

$$N = S.Q/Q_{adm}$$

$$N = (2/3).(3941/1571) = 1.67$$

Donc : N= 2 voies /sens

II.5.7 Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation correspond à : $\mathbf{Q_{Saturation} = Q_{eff}}$

Tel que : $Q_{Saturation} = 3.\ Q_{adm} = 3.\ 1571 = 4713$ (UVP/h).

D'autre part : $Q_{eff} = 0.12.\ T_{eff} = 0.12.\ [(1 - Z) + P.Z].\ TJMA_h$

$Q_{eff} = 0.12.\ [(1 - Z) + P.Z].\ TJMA_{2020}\ (1+ \tau)^n$

$(1+ \tau)^n = Q_{eff} / (0.12.\ [(1 - Z) + P.Z].\ TJMA_{2020}) = 4713/1798 = 2.62$

$n = \log 3.7 / \log 1.04 = 24.55$

N=24ans

Donc l'année de saturation est : **2044**

II.5.8 Les résultats de calcul

Les résultats calculs sont représentés dans le tableau suivant :

$TJMA_{2017}$ V/j	$TJMA_{2020}$ V/j	$TJMA_{2040}$ V/j	$T_{eff2040}$ (UVP/j)	Q_{2040} (UVP/h)	Nbr voie Voies /sens
6500	7312	16021	32843	3941	2

Tableau 5 :Résultats de calcul

II.5.9 Conclusion

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que le profil en travers de notre contournement sera de type a chaussée séparer 2×2 voies.

Chapitre (III)

TRACE EN PLAN

III.1. Introduction.

III.2. Les alignements droits

III.3. Les arcs de cercle

III.4. Les arcs de clothoïde

III.5. Paramètres fondamentaux

III.6. Méthode de construction de l'axe de l'évitement

III. Tracé en plan

III.1 INTRODUCTION :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. Il est constitué par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, essentiellement des arcs de clothoïde.

III.2 LES 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.

- La longueur minimum est celle qui correspond à un chemin parcouru pendant 5secondes à la vitesse v……$\mathbf{L_{min} = 5 \times v = 5 \times V_B/3.6}$; $\mathbf{V_B}$ **:Km/h.**
- La longueur maximum est celle qui correspond à un chemin parcouru pendant 1 minute à la vitesse v……$\mathbf{L_{max} = 60 \times v = 60 \times V_B/3.6}$; $\mathbf{V_B}$ **:Km/h.**

Avec V_B : est la vitesse de base ou de référence

III.2.1 Application au projet :

Notre évitement s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement vallonée, avec une vitesse de base V_B tel que : V_B= 60 km/h.

Le règlement (B40) préconise les alignements L_{max} et L_{min} relative à notre projet sont comme suit :

- L_{max} = 1000m
- L_{min} = 83.34m

III.3 LES ARCS DE CERCLE :

Ils servent en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignements droits.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Visibilité en courbe.

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

III.3.1 Visibilité en courbe :
Un virage d'une route peut être masqué du coté inférieur du courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

III.3.2 Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles :
Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant. La valeur de la Sur largeur théorique S nécessaire pour une voie de circulation :

$S = L^2/ 2R$

Avec : L : longueur du véhicule (valeur moyenne L = 10m) ; R : rayon de l'axe de la route.

III.3.3 Stabilité en courbe :
Dans un virage le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend a provoqué une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge en incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

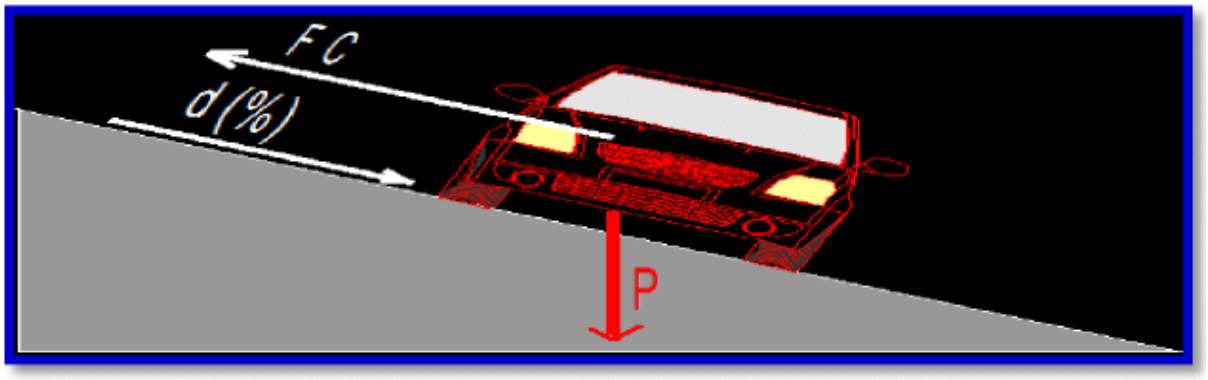


***Figure III. 1** : Image explicative de la stabilité en courbe*

- F_C : force centrifuge
- P : poids propre du véhicule

La déclivité qui ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas) ; et ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

Notion de devers
Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.
La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

Les courbes de rayon supérieur ou égal à Rnd ne sont généralement pas déversées vers L'intérieur du virage et conservent un profil en toit.
Les courbes de rayon compris entre Rnd et Rdm (rayon au dévers minimal) sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente de 2,5%.
Les courbes de rayon R inférieur à Rdm sont déversées vers l'intérieur du virage avec une pente transversale dont la valeur est fixée par interpolation linéaire en fonction de 1/R entre 2,5 % pour Rdm et 7 % pour le rayon minimal Rhm
En cas de contrainte particulière le dévers peut être limité à 5 %, même au rayon minimal.

Conséquences de la stabilité :

Aux points singuliers le dévers prend sa valeur maximale absolue on peut y circuler à la vitesse V_B. Le rayon du cercle est **le rayon minimal absolu RHm.**

$$R>V_b^2/130(ft+d) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ Pour g = 9.81 m/s2}$$

Le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée

$$RHmin = V_b^2/130(ft+d) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{Pour g = 9.81 m/s2}$$

Pour notre projet de V_b = 60km :

- le Coefficient de Frottement longitudinal (ft) est : 0.42 .
- le Temps de perception réaction (T_{pr}) est :2s

Pour l'ensemble du tracé en dehors des zones correspondant aux points singuliers, le dévers ne peut atteindre que sa valeur normale, on peut y circuler à la vitesse V = VB + 20 Le rayon du cercle est **le rayon minimal normal RHn.**

$$RHn = (VB + 20)^2 /127 \text{ x } 2 \text{ x dmin} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots g=9.81^2$$

Pour assurer l'évacuation rapide de l'eau de la surface de la chaussée le dévers de la chaussée est au minimum de 2,5 % (béton bitumineux) ou 2% (béton hydraulique) (voir Profil en travers). Le rayon des cercles où ce dévers doit exister doit être au moins égal au **rayon au dévers minimal RHd .**

$$RHd = V_b^2/127 \text{ x } 2 \text{ x dmin} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots g=9.81 m/s^2$$

Si de plus la chaussée, est "non déversée" (dévers inverse de celui nécessité par l'effet des forces centrifuges considérées dans ce cas comme négligeables dans le cas des chaussées situées côté extérieur de la courbe de façon à évacuer les eaux directement à l'extérieur de la plateforme), le rayon du cercle doit être au moins égal au **rayon "non déversé" RHnd".**

$$RHnd = V_b^2 /127 \text{ x } 0.035 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots g=9.81 m/s^2$$

III.3.4 Application au projet :

Pour notre projet est situé dans un environnement vallonée, et classé en catégorie C1 avec une vitesse de base de 60km/h, le règlement (B40) préconise les rayons suivant :(voir le tableau)

	V_b = 60km/h
Rayon minimal absolu RHm (7%)	125m
Rayon minimal normal RHn (5%)	250m
Rayon au dévers minimal RHd (2.5%)	550m
Rayon "non déversé RHnd (-2.5%)	800m

Tableau 1: les rayons en plan et les divers associes

III.4 COURBE DE RACCORDEMENT :

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

- La stabilité transversale du véhicule.
- La variation progressive des devers et la courbure afin de respecter les conditions de Stabilité et de confort dynamique.
- Un tracé élégant souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfaites à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

Parmi les trois courbes citées au paravent, on choisit la clothoïde car c'est la plus utilisé, et

Aussi parce qu'elle présente trois propriétés remarquables qui sont :

- Variation constante de la courbe qui correspond au conducteur à une rotation Constante.
- Elle maintient constante la variation de l'accélération ce qui est très avantageux Pour le confort des usagers.
- Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

III.4.1 LES ARCS DE CLOTHOIDE :

La clothoïde est un raccordement progressif entre une droite et une courbe ou entre deux

Courbes successives. Cette ligne de transition conçu entre la droite et le cercle permet à la force centrifuge d'augmenter progressivement jusque à la valeur qui elle prend dans le cercle. La clothoïde est définie par une seule donnée :

- Soit sa longueur $L=A^2/R$
- Soit son paramètre A.

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions optiques, de gauchissement, et de confort dynamique.

III.5 PARAMETRE FONDAMENTAUX :

D'après le règlement B40, pour un environnement E3 et une catégorie C1 avec une

Vitesse de base de 60 Km/h, on définit les paramètres suivants :

Paramètre	Symbole	Valeurs
Vitesse (Km/h)	V	60
Longueur minimal(m)	L_{min}	83.34
Longueur maximale(m)	L_{max}	1000
Dévers minimal (%)	D_{min}	2.5
Dévers maximal (%)	D_{max}	7
Temps de perception réaction(s)	T	2
Frottement longitudinal	F_l	0.42
Frottement transversal	f_t	0.16
Distance de freinage(m)	d_0	34
Distance d'arrêt(m)	d_1	67
Distance de visibilité de dépassement minimal (m)	d_m	250
Distance de visibilité de dépassement normal (m)	d_N	350
Distance de visibilité de manœuvre(m)	d_{Md}	120

Tableau 2: les paramètres fondamentaux

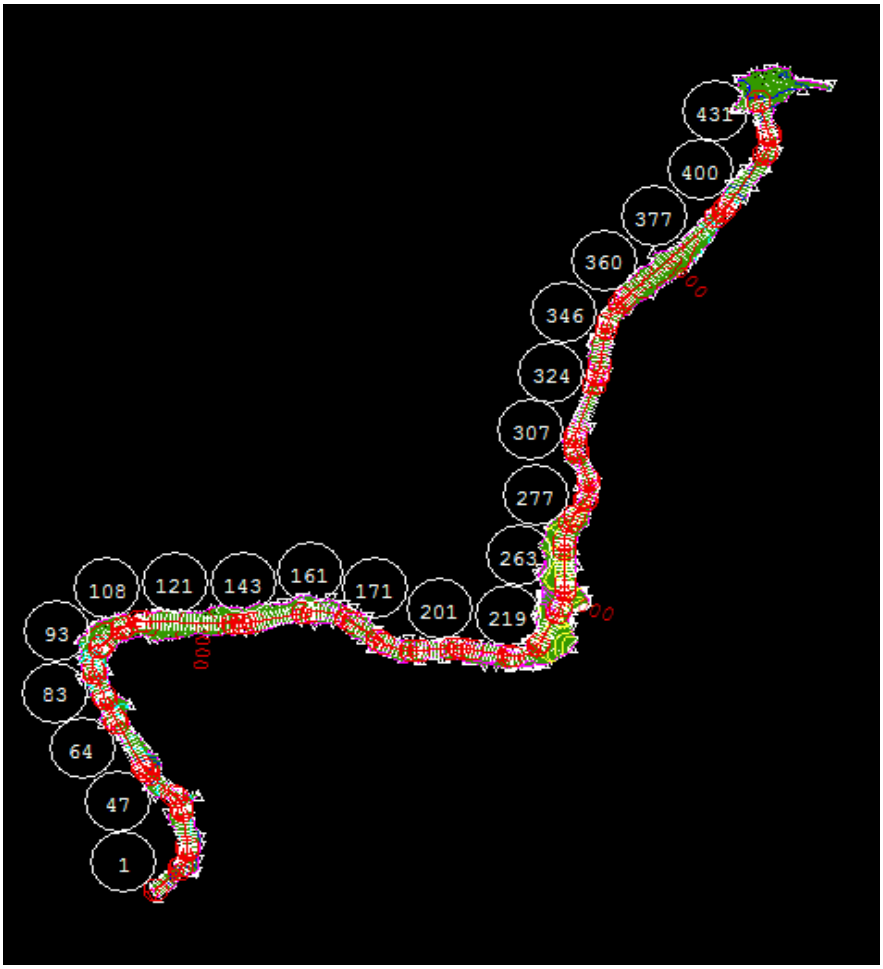
III.6 METHODE DE CONSTRUCTION DE L'AXE DE L'EVITEMENT :

Sur le fond de logiciel PISTE j'ai fait des lignes droites brisées en commençant par le point de départ jusqu'à la fin, en évitant le maximum les courbes de niveau les plus grandes, et j'ai essayé de les suivre non de les couper pour ne pas avoir à la fin des grandes quantités de déblai et de remblai ce qui signifier un coût très élevé,

D'autre part j'ai évité les terres agricoles, les oueds, les forêts, les habitations (sauf dans quelque cas) et pour les clôtures et l'habitation j'ai laissé une distance de 10 m à partir de cote de la chaussée, en tous cas j'ai évité toute contrainte.

A chaque fois que je dessine une ligne je vérifie si je n'ai pas dépassé Lmax et L min, et j'ai vérifié que la longueur totale des lignes droite est supérieur à 60 % de la longueur totale et les rayons inférieurs à 40 %.

Pour les raccordements j'ai employé des rayons, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'assurer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité



CHAPITRE (IV)

PROFIL EN LONG

- IV.1 Définition.
- IV.2 Tracé en long de la ligne rouge
- IV.3 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- IV.4 Déclivités.
- IV.5 Raccordements en profil en long

IV. PROFIL EN LONG

IV.1 DEFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représenté sur un plan à une échelle.

C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet.

IV.2 TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

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

- Un rayon de courbure qui exécuter les contions (visibilité ; confort).
- De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être couteux.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur.
- D'éviter les angles rentrant en déblai, pour éviter la stagnation des eaux et assurer leurs écoulements.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblais, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux on passera les zones des dévers nul dans des pentes du profil en long.
- 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 trac é en plan et le profil en long.

IV.3 Coordination du tracé en plan et profil en long :

La coordination du tracé en plan et du profil en long a pour objectif principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route (conditions de visibilité et autant que possible un certain confort visuel

Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise coordination tracée en plan et profil en long sont :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- Pour des raisons de sécurité, le début des courbes (surtout lorsqu'elles ont des rayons inférieurs à 300 m) ne devrait pas coïncider avec un point haut du profil en long (ou se situer à proximité immédiate), ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage.
- D'assurer si possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu ; cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du profil en long et à prévoir des rayons de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan.
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long, puis respecter la condition : $R_{vertical} > 6 \times R$ horizontal pour éviter un défaut d'inflexion.
- Les carrefours ou accès riverains ne doivent pas coïncider avec des courbes du tracé en plan ni avec des zones à visibilité réduite. Sous réserve de la vérification des conditions de visibilité, on peut cependant admettre dans certains cas l'implantation d'un carrefour giratoire ou exceptionnellement d'un carrefour en T ou d'un accès (à condition que la route secondaire ou l'accès .se raccorde à la route principale du côté externe de la courbe) dans une courbe de rayon supérieur au rayon non déversé.
- La visibilité en plan et la visibilité en profil en long sont réalisées dans des conditions de sécurité égale.

A vitesse de référence de 60 Km/h et sur des chaussées bidirectionnelles, les valeurs minimales suivantes doivent être respectées :

- Distance de visibilité minimale nécessaire au dépassement = 250m.

- Distance de réapparitions du tracé minimales nécessaires à éviter les pertes de tracé = 325 m.

IV.4 DECLIVITES :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec L'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

IV.4.1 Déclivité minimum :

On n'emploie jamais des pentes nulles de façon à ce que l'écoulement des eaux s'effectue facilement.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

Dans les zones ou le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée
Déclivité minimum : I_{min} = 0.5%, de préférence 1%.

IV.4.2 Déclivité maximum :

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

Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%.

Selon la norme B40 on a :

Environnement	Facile	Moyen	Difficile
Cat 1-2	4%	5%	6%
Cat 3	5%	6%	7%
Cat 4-5	6%	7%	8%

Tableau 1: Les valeurs de la déclivité maximale B40

Pour un environnement E3 et une catégorie C3 la pente maximale est de : I_{max}=7%.

IV.5 LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les rayons des raccordements verticaux sont essentiellement en relation avec la visibilité qu'on doit assurer, éventuellement avec un confort dynamique.

IV.5.1 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 les conditions suivantes :

Condition de visibilité : Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort.

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

$$R_V \geq \frac{d^2}{2.(h_0 + h_1 + 2.\sqrt{h_0.h_1})}$$

- d : Distance d'arrêt (m).
- h_o : Hauteur de l'œil (m).
- h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

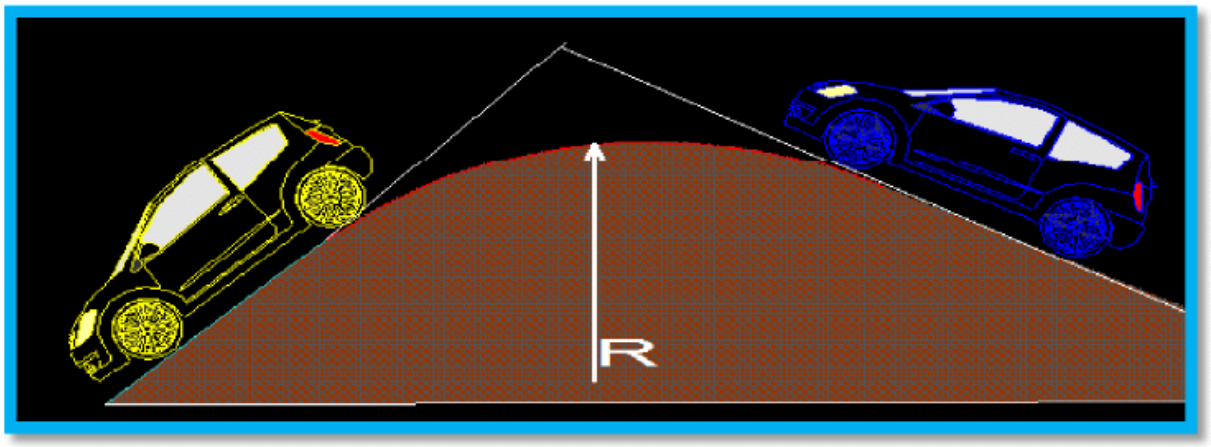


Figure (V-1-) Raccordements convexes

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$h_0 = 1.1$

$h_1 = 0.15$ On trouve :

$$R_V \geq 0.24d^2$$

- ❖ Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes (B40) en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de bas V=60 (Km/h), catégorie1 :

- RVm (minimale absolu) en m :1000m.
- RVN (normal absolu) en m : 2500m.

IV.5.2 Raccordements concaves : (angle rentrant) :

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

Pour V_b <80km et (cat 1,2) ; 60km (cat 3,4,5), la vision dans un faisceau de phares d'un axe horizontal situé a 0.75m de hauteur d'un objet situé a d=d1(V_b)

Cette condition s'exprime par : R'Vm = $\frac{d_1^2}{1.5+0.035d_1}$

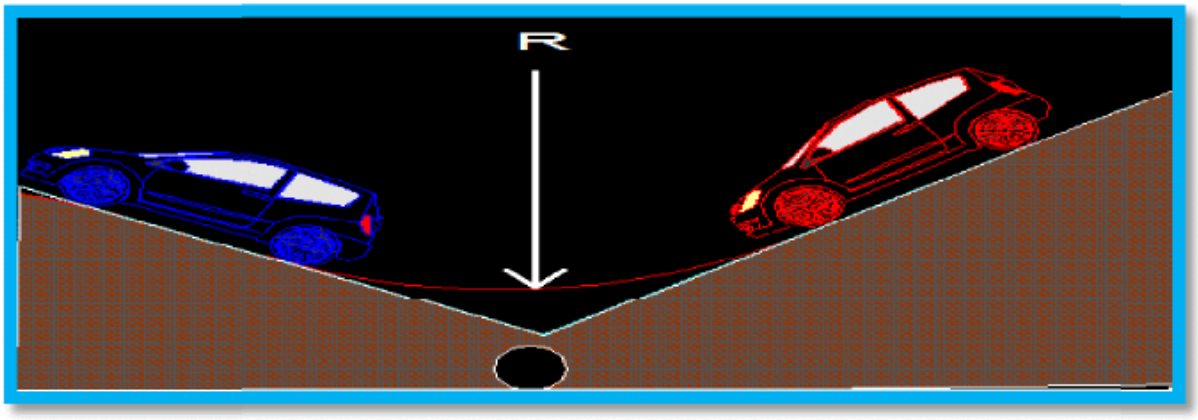


Figure (V-2-) Raccordements concaves

- ❖ Pour la vitesse de bases de 60 km/h, et catégorie 1, et d'après la norme B40 :
- R'Vm (minimal absolu) en m : 1200m
- R'VN (minimal normal) en m : 2400m

Chapitre (V)

PROFIL EN TRAVERS

V.1. Définition.

V.2. Les éléments du profil en travers.

V.3. Classification du profil en travers.

V.4. La pente transversale du profil en travers

V.5. Application au projet.

V. PROFIL EN TRAVERS

V.1 DEFINITION :

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies.et on distingue plusieurs sortes :

• Profil en remblai

• Profil en déblai

• Profil mixte

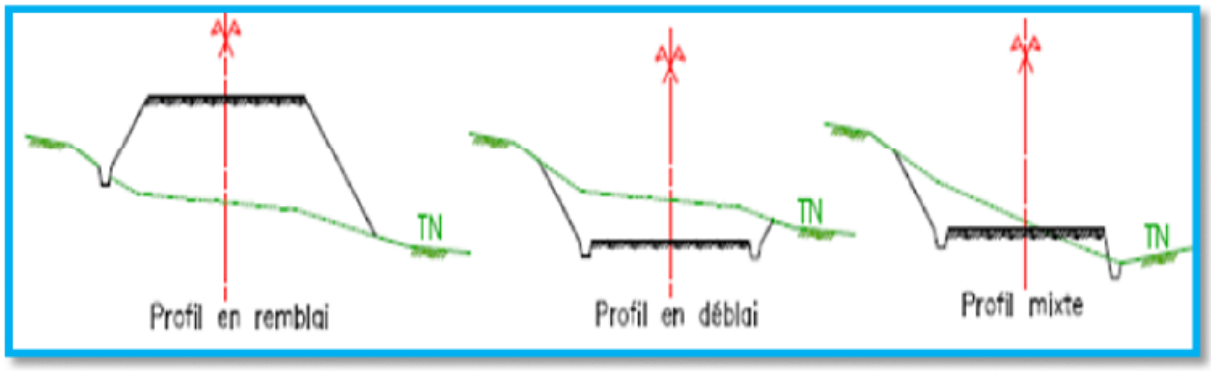


Figure V.2 - Différents types de profil en travers

V.2 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

V.2.1 Chaussée :
La surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.

V.2.2 La largeur roulable :
Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

V.2.3 Plateforme :
C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terres pleins et les bandes d'arrêts.

V.2.4 L'assiette :
C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

V.2.5 L'emprise :
C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

V.2.6 Les accotements :

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants :

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

V.2.7 Le terre-plein central :

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

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

V.2.8 Le fossé :

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

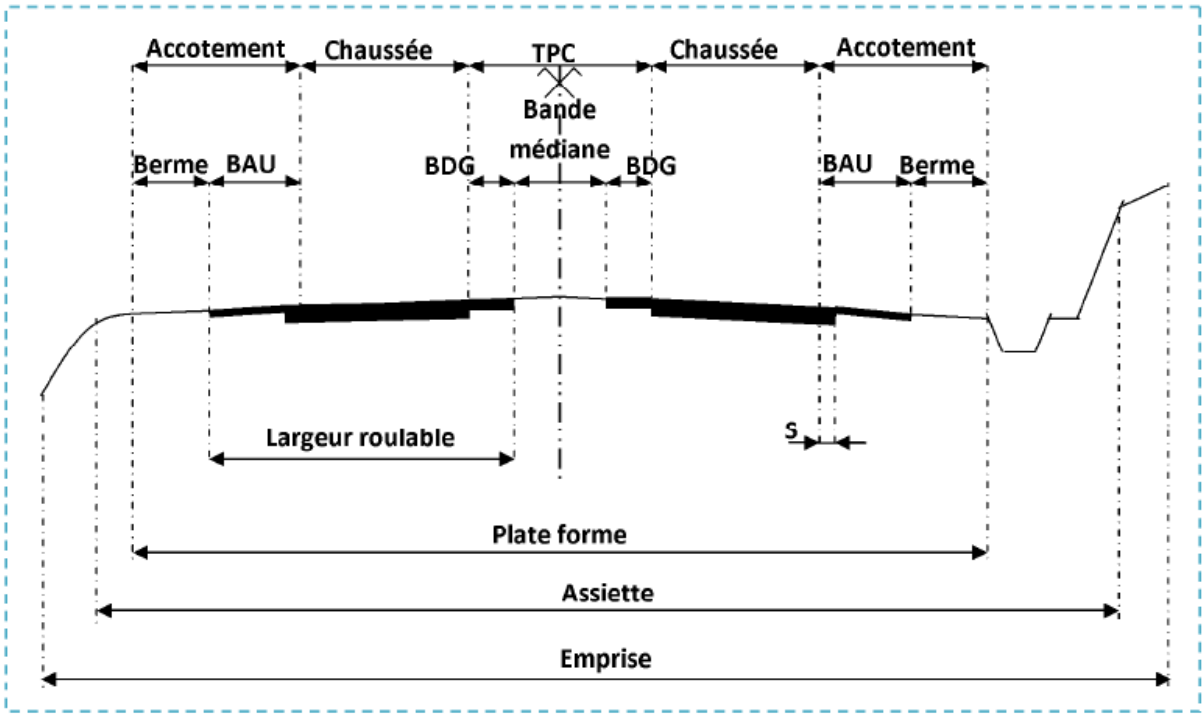


Figure V.2-Les éléments constitutifs du profil en travers

V.3 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type
- Profil en travers courant.

V.3.1 Le profil en travers type :

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

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

V.3.2 Le profil en travers courant :

Établie en des points bien déterminés sur le tracé en plan et le profil en long, leur but est de permettre l'établissement des cubatures de terrassement.

V.4 LA PENTE TANSVERSALE DU PROFIL EN TRAVERS :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

V.4.1 En alignement et en courbe non déversée

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
- La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de là sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.
- Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

V.4.2 En courbe déversée

- La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm.
- La pente de la B.A.U (ou la B.D.G) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis là sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

V.4.3 Changement de dévers

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

V.4.4 Point de rotation des dévers

Lorsque le T.P.C est revêtu, le poin t de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

V.5 APPLICATION AU PROJET :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera Composé d'une route de 2x (2x3,5), Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : 2x (2 x 3,5m) =14m
- Accotement : 1.8 mx 2 =3.6m
- Terre plain centrale (TPC) : = 3m
- Plateforme : = 20.6
- Pente de talus en remblai : 3H/2V

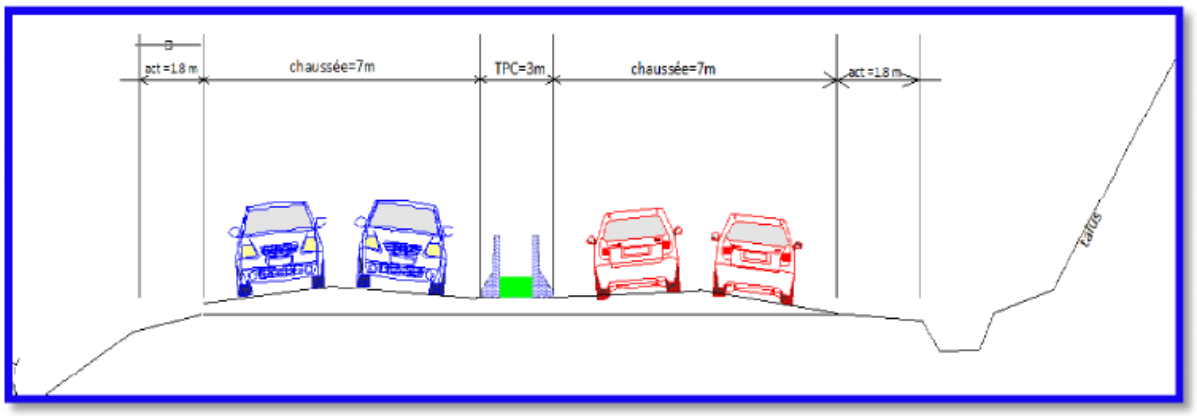


Figure V.2-profil en travers de l'évitement

CHAPITRE **(VI)**

CUBATURES & MOUVEMENT DE TERRES

VI.1. Définition de cubature

VI.2. Méthodes de calcul des cubatures

VI.3. Définition de mouvement de terre

V1.4. Objectif et but de l'étude

VI. CUBATURES & MOUVEMENT DE TERRES :

VI.1 Définition de cubature :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des volumes de déblais 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 qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.
L'objectif étant de réaliser une route dans les meilleures conditions techniques et économiques.

- ❖ Pour notre cas le matériau est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais et remblais.

VI.2 METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures (sarraus, golden et la méthode linéaire...etc.), pour notre projet on utilise la méthode SARRAUS.

C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

VI.2.1 La formule de sarraus :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule suivante :

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

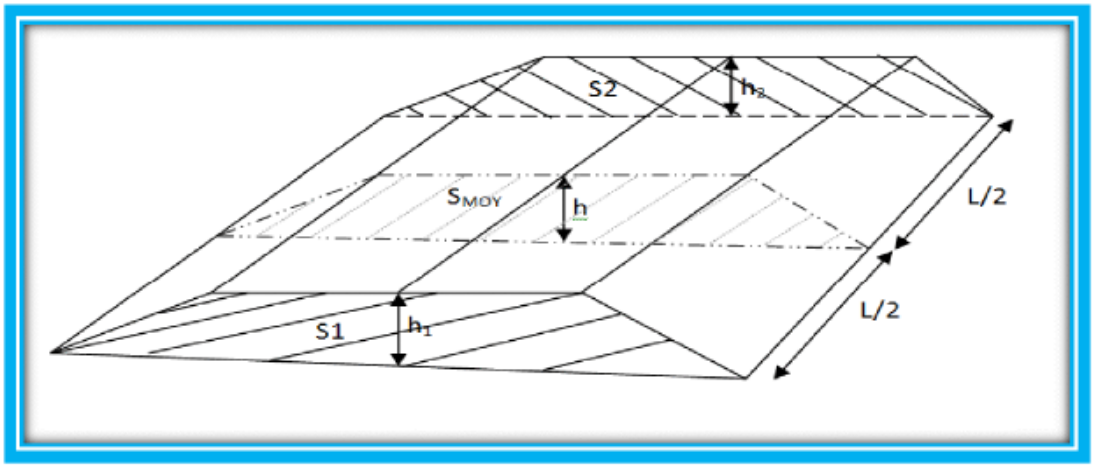


Figure (VI.1)

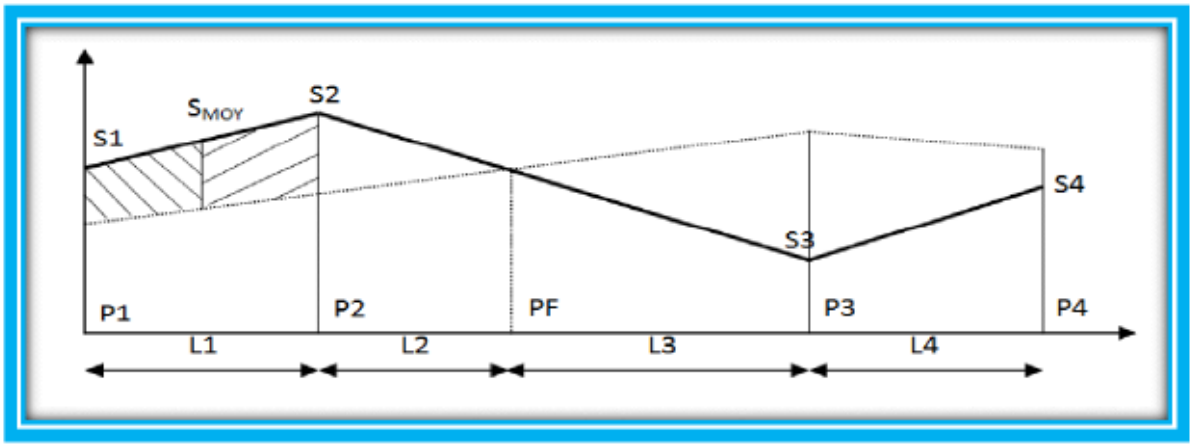


Figure (VI.1)

- L : hauteur entre deux profils.
- S_{moy} : surface limitée à mi- distances des profils.
- S_1 : surface de profil en travers P1.
- S_2 : surface de profil en travers P2.
- PF : profil fictive, surface nulle

❖ Pour éviter les calcule très long, en simplifier cette formule, en considérant comme très voisines les deux expression S_{moy} et $(S_1+S_2)/2$; ceci donne :

$$Vi = \frac{L}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes sont :

Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2}(S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2}(S_2 + 0)$

Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2}(0 + S_3)$

Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2}(S_3 + S_4)$

➢ En additionnant membre à membre ces expression en trouve le volume total des terrassements :

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

VI.2.2 Résultats des calculs des cubatures

Le calcul des volumes du terrassement est connu sous le nom cubature, cette dernière peut se calculer avec plusieurs méthodes, malheureusement certaines sur ou sous estimations, c'est pour cela qu'on a recours à l'outil informatique.

Pour le calcul automatique a été effectué à l'aide de logiciel piste, les résultats sont joints en annexe.

VI.3 Définition de mouvement de terre :

Le mouvement des terres est l'opération qui consiste, au moyen d'engins appropriés à effectuer le transport des terres de déblai en remblai.

Il est dans le but d'étudier les transports de terre qui représente une part importante des travaux à effectuer sur un projet routier (40 à 50% de prix total). Et permet d'établir le planning des travaux et de choisir le matériel adapté au matériau, aux rendements, aux distances de transport.

VI.4 Objectif et but de l'étude :

Le transport des terres représente une part importante des travaux à effectuer sur un projet routier (40 à 50% de prix total) : une étude soignée doit être réalisée lors des phases de soumission des prix du marché, de préparation du projet, d'exécution des travaux.

- Permet d'évaluer les rendements nécessaires en fonction de la durée prévue du chantier.
- Permet de choisir le matériel adapte au matériau, aux rendements, aux distances de transport
- Permet d'établir le planning général des travaux pour l'ensemble du chantier

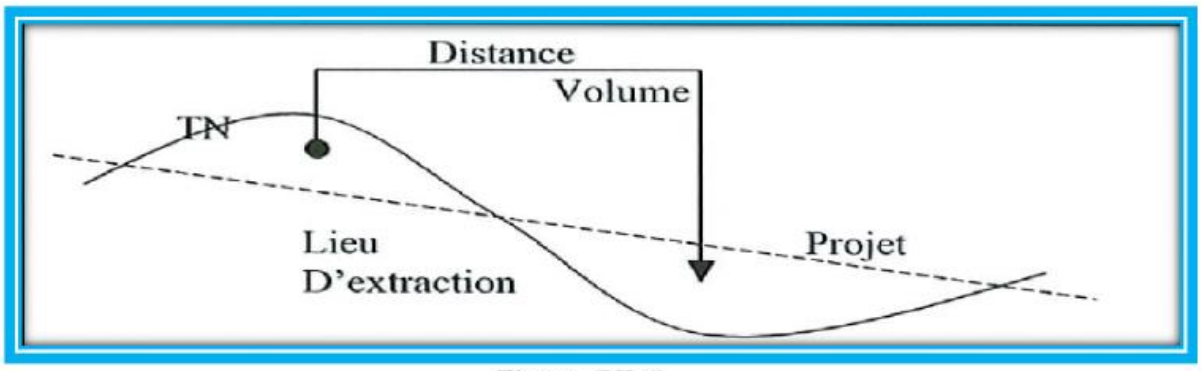


Figure (VI.4)

Chapitre (VII)

ETUDE GEOTECHNIQUE

- VII.1. Introduction.
- VII.2. Objectifs de la géotechnique routière
- VII.3.les étapes à suivre pour faire un rapport géotechnique routier

VII. ETUDE GEOTECHNIQUE :

VII.1 INTRODUCTION :

Il est indispensable de connaitre les caractéristiques mécaniques et physiques de notre terrain à franchir. Pour assurer la durabilité de l'infrastructure ainsi que le confort et la sécurité de l'usager, tel que d'éviter les problèmes de dégradation du corps de chaussée à long ou à court terme depuis la mise en æuvre de la route et aussi les problèmes au niveau de l'exécution.

VII.2 OBJECTIF DE LA GEOTECHNIQUE ROUTIERE :

La géotechnique routière a pour objectif :

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses Gisements.
- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- Elle sert pour le dimensionnement de corps de chaussée
- La nature et les caractéristiques de chaque couche
- L'identification des caractéristiques mécaniques du sol support

VII.3 les étapes à suivre pour faire un rapport géotechnique routier :

VII.3.1

Étape 1 : Etude préalable :

Nous prenons connaissance de la documentation géologique du site sur lequel le projet doit être implanté grâce aux cartes géologiques et aux données récoltées sur les chantiers antérieurement réalisés dans le secteur. Nous prenons également connaissance de l'atlas des carrières afin de savoir s'il s'en trouve sur le site.

Grâce à ces données, nous pouvons déterminer le type de sondage qui nous permettra d'étudier le sous-sol.

Étape 2 : Collecte d'informations :

Nous rassemblons un maximum d'informations auprès de notre client sur la topographie des réseaux (eau, gaz, électricité, etc.), et nous nous informons sur son projet de construction.

Étape 3 : Visite du site :

Cette visite effectuée par des Ingénieurs Géotechniciens nous permet d'évaluer concrètement les données de l'étude.

Étape 4 : Programmation des travaux et organisation du chantier

Étape 5 : Réalisation des forages et des sondages

Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés soit :

Manuellement : ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne d dépasse pas 3 à 4m.

A la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

A la sondeuse : on peut atteindre des dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées. Les couches de sols sont identifiées visuellement.

Le programme de reconnaissance à suivre dans un remblai de H<5m :

Cette zone ne présente pas un danger particulier vu de sa hauteur (H<5m), quelque soit la nature du sol, donc pas de reconnaissance spécifique. Pour cela on doit réaliser :

- Quelque puits (une dizaine bien repartie)
- Quelque pénétromètre statique dont 1 ou2 a proximité des puits
- Prélèvement d'échantillons intacts pour les essais de laboratoires

Le cas d'un remblai de hauteur de H>10 :

Cette zone nécessite une reconnaissance spécifique pour vérifier

- La stabilité a long terme des remblais
- La stabilité a court terme des remblais
- Le tassement de consolidation (odomètre)

Le temps de consolidation (perméabilité a l'odomètre) Tous ces essais nécessitent :

- Le prélèvement d'échantillon intact à différentes profondeurs

- (2) à (3) sondages carottés de 12m a 14m jusque à atteindre la couche de calcaire d'au moins 1m dans cette couche.
- 5 ou 6 pénétromètres un au moins sera implanté à proximité d'un sondage
- 4 à 6 essais de cisaillement au triaxial

Le programme de reconnaissance à suivre l'ord d'un déblai de H<10m :

- Fixer définitivement les pentes de talus (réalisé des sondages carottés, dans le cas de présence d'eau on équipe les sondages par des piézomètres)
- Prélèvement d'échantillons intacts
- Réalisations d'essai de laboratoire
- Définir les techniques d'extraction et la possibilité de réutilisation des sols rencontré ainsi que les travaux au niveau de l'arase des déblais
- Prélaver des échantillons remaniés pour définir et délimiter les types de sol rencontré
- Etablir les coupes de puits (3 à 4)
- Faire des essais de laboratoire (d'identification)

Étape 6 : Réalisation des essais de mécanique du sol (élasticité, compactage, etc.)

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VII.3.2 Les Différents Essais En Laboratoire :

Les Essais D'identification

1. **Analyses granulométriques :** Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 um) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines), C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe appelée courbe granulométrique cette analyse se fait en générale par des tamisages

2. **Equivalent de sable :** C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

3. **Limites d'Atterberg :** Les limites de plasticité (W_P) et liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui a une faible valeur de l'indice de plasticité ($Ip = W_L - W_P$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

Les essais mécaniques :

1. Essai Proctor : L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum Proctor ».

2. **Essai C.B.R (California Bearing Ratio):** Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 10 c/c ; 25 c/c ; 55 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours

3. **Essai Los Angeles :** Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats, utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine (Los Angeles).

4. **Essai Micro Deval :** L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

Étape 07 : Interprétation des résultats :

Les valeurs des paramètres à retenir pour les justifications résultent de l'interprétation des résultats d'essais. Cette interprétation tient compte en particulier :

- Pour les essais de laboratoire, de l'aptitude du sol à fournir des échantillons Intacts, de la précision liée au type d'essai, ainsi que de l'hétérogénéité spatiale Plus ou moins marquée du paramètre mesuré.

- Pour les essais en place, et plus particulièrement pour les essais pressiométriques, de la possibilité de mauvaise exécution de certains essais et de l'hétérogénéité des terrains.

Le mémoire de synthèse donne des indications sur les critères de choix des valeurs proposées pour les paramètres : valeurs minimales, moyennes, etc.

Les particularités visées sont, entre autres :

- La nature compressible des sols,
- Les risques d'instabilité d'ensemble,
- Les frottements négatifs,
- Les poussées latérales.

Application :

En absence d'un rapport géotechnique spécifique à la route dans la direction des travaux publics de la wilaya de Boumerdes, m'a recommandé d'opter pour un indice CBR de l'ordre de 6, (CBR moyen).

Chapitre (VIII)

Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.1. Introduction.

VIII. 2. Définition d'une chaussée

VIII.3. Définition de la chaussée souple

VIII.4. Méthodes de dimensionnement

VIII.5. Application au projet.

VIII.6. Conclusion.

VIII. Dimensionnement du corps de chaussée :

VIII.1 INTRODUCTION:

Après avoir terminé avec les études techniques relatives à la fixation des principaux paramètres de conception géométrique de la route, nous abordons le volet dimensionnement de chaussée, il s'agit de retenir la structure de chaussée la plus économique et la plus adaptée au projet sur la base des données relatives aux (trafic, l'environnement, la nature du sol support et La durée de vie de la chaussé)

VIII.2 Définition d'une chaussée :

VIII.2.1 Au sens géométrique :

Toute surface spécialement aménagée sur le sol ou sur un ouvrage pour la circulation des personnes et des véhicules.

VIII.2.2 Au sens structurel :

une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en cuvrer de façon à permettre la reprise des charges extérieures

Une chaussée de type souple, rigide ou bien semi-rigide est constituée de matériaux granulaires traités ou non traité avec des liants hydrocarbonés ou bien en ciment.

VIII.3 Définition de la chaussée souple :

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

VIII.3.1 Couche de surface :

Cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures.

La couche de roulement a pour rôles :

- D'imperméabiliser la surface de la chaussée
- D'assurer la sécurité (adhérence) et le confort des usagers (bruit, uni).
- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les

couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général entre 6 et 8 cm

VIII.3.2 Couche de base:

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de (grave bitume, tuf, sable gypseux,).

Et l'épaisseur de cette couche varie entre 10 et 25 cm.

Elle a pour rôle essentiel de prendre les efforts verticaux et de répartir les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sans ne se déformer ni se dégrader.

VIII.3.3 Couche de fondation:

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

VIII.3.4 Couche de forme:

La couche de forme est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol-support :

- **Sur un sol rocheux**
- **Sur un sol peu portant** "Par exemple argileux à teneur en eau élevée" pour assurer une importance suffisante à la cours terme permettant aux engins de chantier. À long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation de la structure de chaussée.

VIII.4 METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

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

VIII.4.1 Methode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100) % de l'optimum Proctor. Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5}$$

I_{CBR} : indice CBR

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} \times (70 \times 50 \times \log\left(\frac{N}{10}\right))}{I_{CBR} + 5}$$

N : nombre moyen de camion de plus de a1500 kg la vide

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

e : épaisseur équivalant

#Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient « a » appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des équivalents des couches :

$$E_{eq} = \sum e_i(reel) \times a_i$$

- e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.
- a_1, a_2, a_3: sont Les coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2, e_3

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave bitume	1.50
Grave non traité	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75

Tableau 1 les Coefficients d'équivalences

Remarque :

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

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB : 5-8cm GB: 10-20cm GC: 15-30cm TVO: 30cm et plus

Application :

La détermination de l'épaisseur totale d'équivalence du corps de chaussée est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} \times (70 \times 50 \times \log\left(\frac{N}{10}\right))}{I_{CBR} + 5}$$

Il s'agit de route unidirectionnelle a 2 vois, Répartition transversale du trafic 90% sur la voie la plus chargé

N_{20ans} = TPL x $(1+\tau)^2$

TPL = 0.9 x Z x $TJMA_{MISE\ EN\ SERVICE}$ = 0.9 x 0.15 x 7312 = 987 PL/j/voie

$N_{20ans} = 987 \times (1+0.04)^{20} = 2163$ PL/j/voie

$$e, = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (70 \times 50 \times \log\left(\frac{2163}{10}\right))}{6 + 5}$$

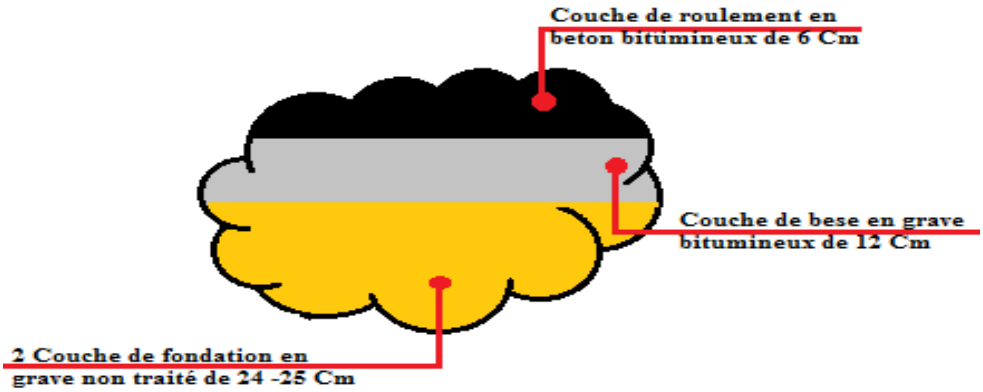
E_{eq} = 54.5 cm

L'épaisseur équivalente est donnée par la formule suivante :

$E_{eq}=a_1\times e_1+a_2\times e_2+a_3\times e_3$

On fixe e_1=6cm et e_2=12cm et on calcul e_3, avec : a_1 =2, a_2 = 1.5, a_3 = 1

$54.5= 6x2 + 12x1.5 +1xe_3$ ➔ e_3 = 25cm



Corps de chaussé méthode CBR

VIII.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :
Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur routier Un manuel pratique de dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu ; caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- Matériaux : traités au bitume (GB, BB), non traités.
- Trafic : classé selon le nombre de (P1 /j/sens) à l'année de la mise en service.
- Portance du sol support (Si): selon l'indice CBR (voir le tableau). .
- Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

Détermination du réseau principal :

D'après le catalogue on a la classification suivante:

Réseau principal	Trafic
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau 2 : type de réseau

$TJMA_{2020}$ =7312 v/j correspond au classement de cette route dans le réseau principal de niveau 1 RP1 (trafic >1500 v/j)

Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau 3 : classe de trafic

D'après le catalogue du dimensionnement Algérien : la répartition du poids lourd est de 90% sur la voie la plus chargée. TPL_{2022}=987 PL/j/sens

On a 600<987<1500 donc notre classe de trafic est : **TPL5.**

Calcul du trafic cumulé de poids lourds (TCi) :

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante :

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{-1 + (1+\tau)^n}{\tau}$$

$TCi = 10.72 \times 10^6$ PL/j/sens/ voie plus chargé

Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Le TCE_i est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

Le calcul de TCE_i qui fait intervenir l'agressivité (A) des PL, est donné par la formule :

$$\mathbf{TCE_i = TC_i \times A}$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de13 tonnes, en fonction de réseau principal RPi.

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traites au bitume : GB/GB, GB/Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants Hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

Tableau 4: coefficient d'agressivité de poids lourd A

Pour notre cas, la structure type sera en matériaux traités au bitume, et d'après le tableau de **« Catalogue du dimensionnement algérien »** Le coefficient **A = 0,6**
Alors : $TCE_i = 10.72 \times 10^6 \times 0.6 = 6.43 \times 10^6$ essieux équivalents de 13 tonnes.

La zone climatique :

D'après le ≪**catalogue de dimensionnement des chaussées neuves** ≫, le site de projet wilaya de Boumerdes est classé en **zone I**.
La température équivalente d'après le catalogue du dimensionnement algérien (θ_{eq}) retenues pour le calcul du dimensionnement pour une zone climatique I égale 20°C.

La durée de vie : La durée de vie est 20 ans.

Le risque de calcul :
Pour notre projet d'après le catalogue du dimensionnement algérien on a un risque (r%)=**10%.**
Comme montré dans le tableau suivant :

Classe De Trafic (TCEi)		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (r%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

Tableau 5 le risque de calcule r%

Pour notre projet d'après le catalogue du dimensionnement algérien on a un risque (r%)=**10%.**

Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée

Les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0 sont représentées dans le tableau suivant :

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
E (Mpa) E =5 x CBR	<25	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau : Les classes de portance des sols

CBR=6 ==> E =5 x CBR= 30 donc d'après le tableau la portance du sol support est de **S3.**

Lorsque des cas de sols de faible portance (<S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.
L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels sélectionnés ou traités, permet un sur classement de portance du sol terrassé.
La couche de forme sera de différents types. Elle peut être en une ou plusieurs couches suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe de sol-support visée.
Dans le cas de sur-classement de sols supports, le tableau suivant donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

Classe de portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de Matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
<S4	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70 cm (en 2 couches)	S1

Tableau 6: le choix de la couche de forme

Pour notre projet nous avons utilisées une couche de forme d'épaisseur 40cm en 2 couche

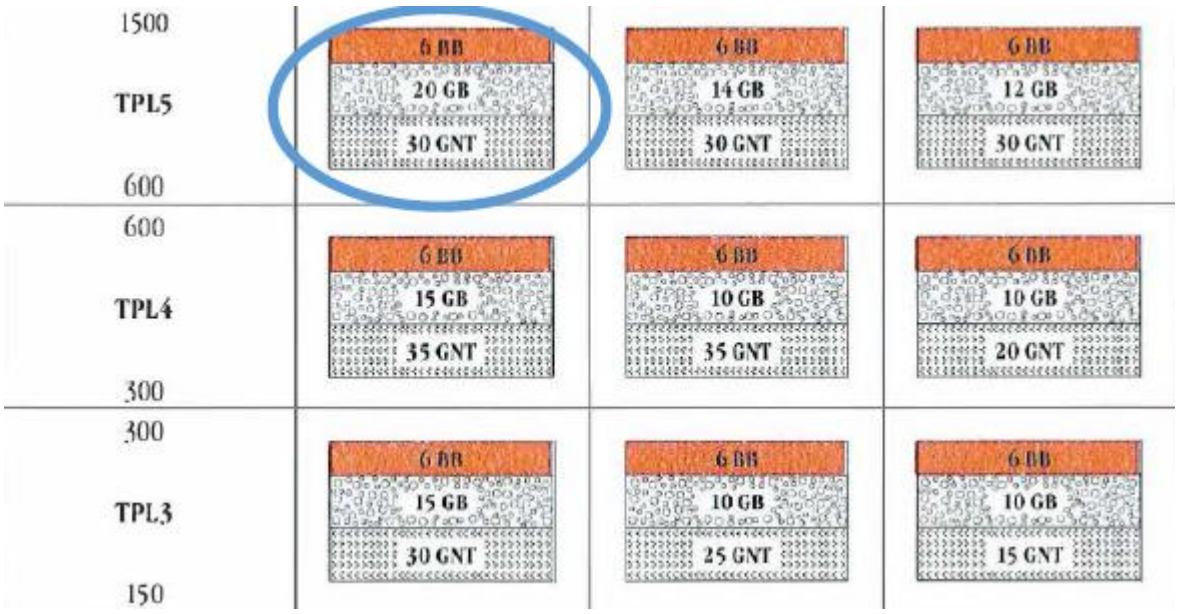
Le passage de classe S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches (TAB5 - P13 - FSC 1)

Application :

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

Nous sommes dans réseau principal RP1, la zone climatique I, durée de vie de 20ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (**S2**) et une classe de trafic (TPL5)

Aves les données précédents, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de : (6BB 20 GB 30GNT) + 40cm TUF (FSC3-P13)



le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Pour la couche de forme j'ai proposé soit :

- De traiter à la chaux les couches du support ayant une faible portance.
- De décaper certaines couches de surface et les remplacer par des matériaux prévenant de la carrière

1. **Traitement à la chaux :(résumé)**

La chaux est obtenue par calcination d'un calcaire (CaCO3), qui est broyé et calciné à 1000°C ce qui donne le dioxyde de carbone (CO2), et l'oxyde de calcium (CaO) connu comme la chaux. La réaction de calcination est donnée par l'équation :

CaCO3 + chaleur => CaO + CO2.

- Il est destiné au traitement des sols limoneux ou argileux, en raison de leurs faibles portances (ou) de leur teneur en eau sont considérés comme des matériaux mauvais ou médiocres, créant un handicap économique et technique pour l'entreprise

- Comme il Constitue des couches de forme ayant des qualités mécaniques suffisantes pour recevoir le trafic de chantier, la chaussée et le trafic futur, et ayant une stabilité à l'eau et au gel améliorée.

- Il permet d'utiliser des sols impropres au réemploi ou de qualité médiocre dans leur état naturel. Et d'exécuter les terrassements dans des conditions normales de travail tout en diminuant la susceptibilité du charnier aux intempéries, Il permet de modifier les propriétés géotechniques du sol tel que :

- Il augmente la limite de plasticité wp, l'indice CBR, et la teneur en eau à l'optimum Proctor
- Il diminue la densité à l'optimum Proctor, La sensibilité au gel

2. **Provenance des matériaux :**

Vue la distance entre le projet et les zones de provenance des matériaux qui ne dépasse 10 km, j'ai opté pour le choix de prévenance des tufs pour des raisons économiques

Calcul des sollicitations admissibles :

Il faudra vérifier que εt e_t ε_z calculées à l'aide d'Alize LCPC, sont inférieures aux valeurs admissibles $\varepsilon_{t,\,adm}$ et $\varepsilon_{z,\,adm}$, c'est-à-dire :

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{z\,,adm} \text{ et } \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$$

Calcul des déformations admissibles sur le sol support (ε_z, adm)

La déformation admissible $(\varepsilon_{z\ adm})$ est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportements des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

$$\varepsilon_{z\ adm} = 22\times10^{-3}\times(TCEi)^{-0.235} = 552.5 \text{ x } 10^{-6}$$

Calcul des sollicitations admissibles des matériaux

$\varepsilon_{t,\,adm}=\varepsilon_6(10°,25HZ) \times K_{ne}\times K_\theta \times K_r \times K_c$

Avec :

- ε_6 (10°,25HZ) : déformation limite détenue au bout de 10° cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10° et 25HZ (essai de fatigue).
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_θ : facteur lié à la température.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.

Avec : $K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b$; $K_\theta = \sqrt{\frac{(E(10°C))}{E(\theta eq)}}$; $K_r = 10^{-tb\delta}$

Avec :

- TCEi : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.
- b : pente de la droite de fatigue (b<0).
- E (10°C) : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- E (θeq) : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ : f (dispersion).

$$\delta = \sqrt{S_N^2 + \left(\frac{c}{b} S_h\right)^2}$$

Avec :

- S_N : dispersion sur la loi de fatigue.
- S_h : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- C : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et le tableau suivant

Matériaux	**E (30°C ,10HZ) (Mpa)**	**E (25°C ,10HZ) (Mpa)**	**E (20°C ,10HZ) (Mpa)**	**E (10°C ,10HZ) (Mpa)**	**ε_6 (10°,25Hz) (10°C)**	**-1/b**	**SN**	**Sh**	Y	**Kc**
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

On résume les paramètres suivants :

- θ_{eq} = température équivalent (θeq=20°C) => E (20° ,10Hz)=7000Mpa.

- E (10° ,10Hz) =12500Mpa.
- ε_6 (10°,25Hz)=100×10^{-6}
- C coefficient égal à 0.02.
- -1/b=6.84 b=-1/6.84=-0.146
- K_{ne}=0.762
- K_θ=1.34
- S_N=0.45
- S_h=3 cm
- б=0.84
- t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%) =-1,282
- K_r=0.77
- K_c=1.3

Calcul de déformation admissible de traction (ε_t, adm) :

$$\varepsilon_{t,adm}=101.8 \times 10^{-6}$$

Vérification en fatigue de la structure

Il faudra vérifier que εt et εz calculé à l'aide d'Alizé-LCPC soient inferieur aux valeurs admissibles calculées, c'est -dire respectivement à $\varepsilon_{t,\,adm}$ et $\varepsilon_{z,\,adm}$.
ε_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.
ε_z : étant la déformation verticale sur le sol support.

Résultats de la simulation :
Voici les résultats de la simulation à l'aide du logiciel Alizé-LCPC :

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0 collé	0,350	0,000	34,7	0,297	31,9	0,660
			0,060	17,5	0,255	70,9	0,606
0,100	7000,0 collé	0,350	0,060	17,5	0,427	30,4	0,606
			0,160	-16,3	-0,030	39,0	0,271
0,100	7000,0 collé	0,350	0,160	[illegible]	-0,030	39,0	0,271
			0,260	-62,1	-0,547	60,1	0,074
0,150	500,0 collé	0,250	0,260	[illegible]	-0,013	156,3	0,074
			0,410	-45,5	-0,014	101,5	0,045
0,150	500,0 collé	0,250	0,410	-45,5	-0,014	[illegible]	0,045
			0,560	-41,0	-0,018	69,6	0,026
0,200	500,0 collé	0,250	0,560	-41,0	-0,018	[illegible]	0,026
			0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
0,200	500,0 collé	0,250	0,760	-46,9	-0,027	48,6	0,011
			0,960	-69,4	-0,044	52,6	0,004

logiciel Alizé-LCPC

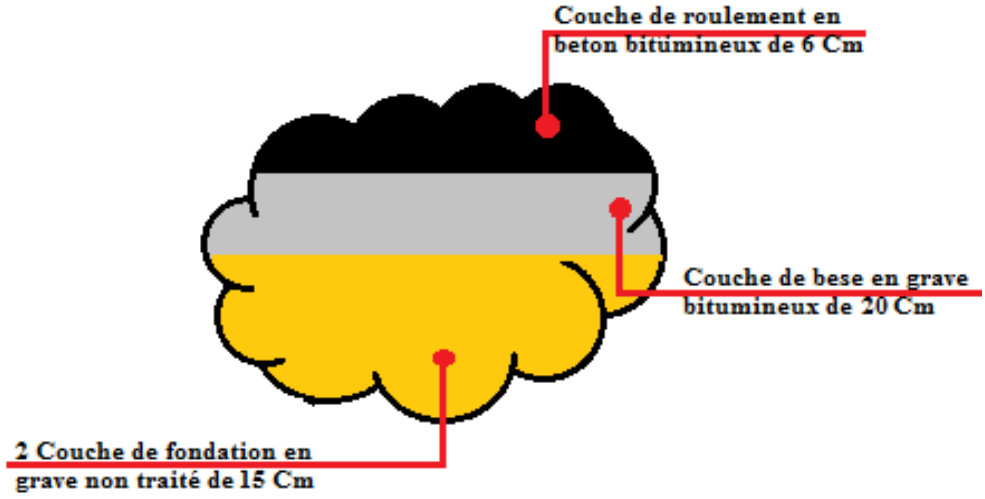
	Déformations calculées	Déformations admissibles
ε_z (sol support) x 10^{-6}	69.6	552.5
ε_t (à la base de GB) x 10^{-6}	-62.1	101.8

La structure est donc vérifiée car: $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,\,adm}$ et $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,\,adm}$

Conclusion

Vu que la méthode CBR ne prend pas en considération la fatigue des matériaux et l'influence du climat sur ces derniers.

Donc la structure retenue est celle de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).



Corps de chaussé méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).

CHAPITRE (IX)

Hydraulique et assainissement

IX.1. Introduction.

IX.2. Etude hydrologique

IX.3. Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter

IX.4. Application au projet.

IX. Hydraulique et assainissement

IX.1 INTRODUCTION :

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car L'eau est la première ennemie de la route, elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.
Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées

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

Pour les talus

- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatique et pluviales pour la détermination des débite crues de différentes fréquence (10,20, et 100 ans) ainsi qu'aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels.

Donc une solution a ces problèmes fut adapté : c'est de prévoir des disposition adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom assainissement Pour notre évitement l'assainissement sera assuré par le dispositif suivant :

- Construction de fossés bétonnés au niveau des sections en déblais.
- Construction de demi-buse au niveau du terre-plein central.
- Construction d'ouvrages busés au niveau des traversées pour le rétablissement des écoulements naturels ;
- Construction de descentes d'eau Au niveau des remblais d'accès des ouvrages d'art.

IX.2 ETUDE HYDRAULOGIQUE

IX.2.1 Caractéristique du climat :

Boumerdes appartient au milieu méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide .le climat est caractérisé par un hiver doux et un été chaud et sec entrecoupé par des orages faibles et localisés.

IX.2.2 Caractéristique des bassins versants :

il existe neuf bassin versants qui ont été délimité en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état majors a l'échelle 1/25000éme scannées leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel d'autocad

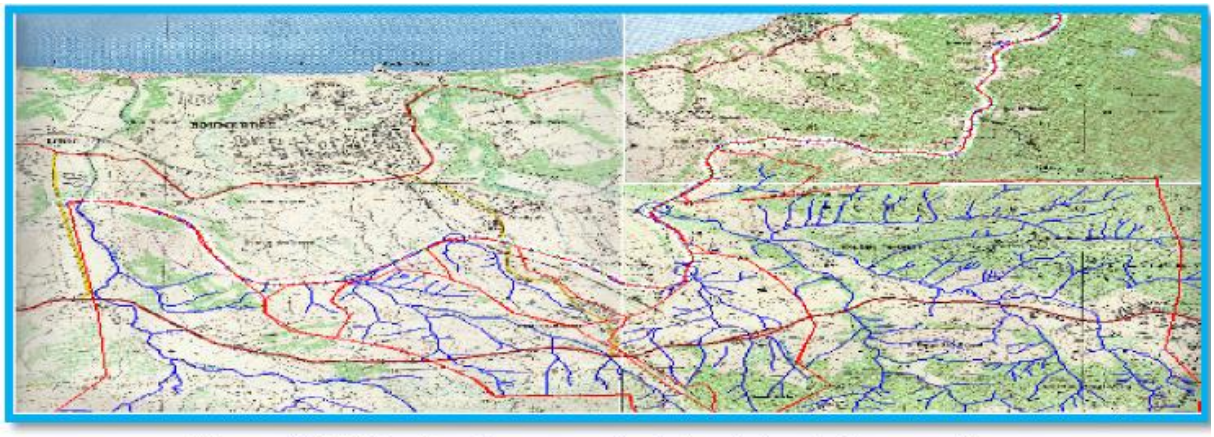


Figure (IX-1) Les bassins versants de la région de Boumerdés

IX.2.3 La pluviométrie :

1. **Acquisition des données :**

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (ANRH). Il s'agit d'observations journalières reportées sur des tableaux de cumuls mensuels (TCM). A partir de ces données mensuelles j'ai reconstitué les valeurs de pluies annuelles. J'ai travaillé sur la station de BNI AMREN représentative de la zone d'étude

2. **Pluies annuelles :**

Après l'Analyse détaillée des observations (ajustement à une loi racine-normale des pluies annuelles de la région), j'avais constaté que les distributions statistiques dans la région présentaient un caractère nettement symétrique.

3. **Pluie moyenne dans la région :**

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 400 et 500 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du nord de l'ANRH, j'ai pris en considération la valeur de :

$P_{moyenne}$ = 480 mm.

4. **Précipitations journalières :**

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles.

Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes.

En Algérie il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel.

IX.3 DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

« Par la méthode rationnelle »

Elle intègre l'information pluviométrique, mais suppose des hypothèses simplificatrices qui réduisent sa représentativité du phénomène du ruissellement de surface. Elle est, néanmoins la plus couramment utilisée pour le dimensionnement des ouvrages de drainage routier.

La condition de calcul : $Q_a = O_s$

Avec : Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m3/s).

IX.3.1 Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

La relation obtenue est la suivante :

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} Xexp\left(u.\sqrt{ln(c_v^2 + 1)}\right)$$

- P_{jmoy}: pluie journalière moyenne (mm).
- Cv : Coefficient de variation (0-0.50).
- U : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Fréquence de dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau 1 : variable de Gauss

Remarque

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

Calcul de fréquence d'averse (Pluies de courte durée) :

Pour une durée de (t=15min), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$\boldsymbol{P_t}(\%) = \boldsymbol{P_j}(\%).\left(\frac{\boldsymbol{t_c}}{24}\right)^{\boldsymbol{b}}$$

- tc : Temps de concentration
- Pt : pluie journalière maximale annuel (mm)
- Pj : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm)
- b : Exposant climatique (b=0.28)

Temps de concentration :

La durée 't' qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, comme suit :

- Lorsque A < 5 km^2 : $tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$

- Lorsque 5km^2 <A< 25 km^2 : $tc = 0{,}108\,\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$

- Lorsque 25 km^2<A < 200 km^2 : $tc = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8.\sqrt{H}}$

Avec :

Tc : Temps de concentration (heure).

- A : Superficie du bassin versant (km2).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

L'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$$

Avec :

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

IX.3.2 Le coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainé.sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètre suivantes: la couverture végétale, la forme, la pente et la nature de terrain.

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeur prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 - 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

Tableau 2: Le coefficient de ruissellement

Pour notre cas, les bassins se trouvent dans une zone montagneuse (foret de Sidi Yahia) compte tenu du relief et en analysant sur site les paramètres sous mentionné on optera pour un ruissèlement moyen de :

- La pleine : 0.2
- La zone montagneuse : 0.5
- La chausse : 0.9
- Les accotements : 0.3
- Les talus : 0.4

IX.3.3 Pente de pose des ouvrages :

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA (1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuse et la formation des dépôts (pierres, terres...etc.) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer aussi l'auto curage.

IX.3.4 Estimation du débit de crue :

Le débit maximum limite est déterminé par la formule suivante :

Qa =K.C.I..A

En tenant compte des surfaces de (chaussée, accotement, talus), qui donne des debits et des coefficients de ruissellement rapportées pour chaque élément donc :

$$Oc=K.I.Cc.Ac \qquad Qa=K.I.Ca.Aa \qquad Qt=K.I.Ct.At$$

D'où : Qa=Qc+Qa+Qt

- Q : Débit maximum d'eau pluviale (m3/s).
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- K : Coefficient de conversion des unités (les mm/h en 1/s) K= 0.2778.
- A : Air du bassin d'apport (km2).

IX.3.5 Estimation de débit de saturation (Qs) :

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme

$$Qs=K_{st}.S.\ Rh^{2/3}.I^{1/2}$$

Avec :

I : pente de pose de l'ouvrage

S: section mouillée

Rh : Rayon hydraulique moyen (m) = (surface mouille /périmètre mouille)

Kst: coefficient coefficient de rugosité de Manning Strickler tel que :

- Paroi en terre : Kst =30.
- En buses métalliques Kst =40.
- Maçonneries Kst =50
- Bétons (dalots) Kst =70
- Buses préfabriquées Kst = 80

Dans le projet j'ai pris un coefficient de rugosité kst de :

- Buses préfabriquées en BA : Kst = 80
- Fossés et dalots en BA : Kst =70

IX.4 APPLICATION AU PROJET :

IX.4.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versant :

N^0 BV	Surface du BV (Km2)	Périmètre (Km)	Long (Km)	linaire (Km)	Hmax | (m)	Hmin (m)	Pente (%)	Débit (m^3/s)
01	27.099	25.614	10.867	1.263	576	12	5.19	24.310
02	0.454	2.609	0.963	0.425	116	63	5.52	0.338
03	4.709	11.493	4.678	2.034	422	110	6.78	7.899
04	1.266	5.022	2.059	0.954	142	43	4.80	2.662
05	0.201	1.832	0.562	0.240	124	57	11.96	1.069
06	0.030	0.822	0.268	0.346	75	51	4.83	0.217
07	3.036	7.797	3.204	0.284	352	103	7.77	6.087
08	26.432	23.532	9.077	0.524	430	46	4.01	22.078
09	0.587	1.421	0.631	0.425	136	118	2.85	1.436

Tableau 3 : caractéristique morphologique des bassins versant

IX.4.2 Calcul pluviométrique :

- Calcul des fréquences de l'averse **Pendant 10 ans** Données :

U=1.282 ; C_v=0.40 ; Pj=68.83

$$Pj\ (10\%) = \frac{68.83}{\sqrt{0.40^2+1}} \times exp\left(1.282.\sqrt{ln(0.40^2+1)}\right) = 104.723\text{mm}$$

Pendant 50 ans :

Données : U=2.057 ; Cv= 0.40 ; Pj=68.83

$$Pi\ (2\%) = \frac{68.83}{\sqrt{0.40^2+1}} \times exp\left(2.057.\sqrt{ln(0.40^2+1)}\right) = 141.160\ \text{mm}$$

- Calcul des intensités de l'averse Données : b =0.38 ; t = 0.25

Pour Pj (10%) =104.723 I= 104.160/24 = 4.36

$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.36.\left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.38-1} = 73.87$ mm/h

- Donc : l'intensité de la pluie apres 10 ans est de 73.87mm/h

Pour Pj (2%)=141.16 I= 141.16/24 = 5.88

$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 5.88.\left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.38-1} = 99.62$ mm/h

- Donc : l'intensité de la pluie après 50 ans est de 99.62mm/h

IX.4.3 LES OUVRAGES FRANCHISSANT :

Les fossés :

Le fossé c'est un ouvrage hydraulique destiné à récupérer les eaux de ruissèlement ou d'infiltration venant du terrain supérieur pour les diriger longitudinalement vers une buse ou vers un dalot.

Procédures de dimensionnement des fossés :

Pour dimensionner un fosse on fixe une base donné d'après la nature du sol, et une pente de talus à (1 /n =1 /1.5), d'où la possibilité de calculer le rayon en fonction de la hauteur h .cette hauteur sera obtenu, en égalisant le débit d'apport au de débit de saturation c'est-à-dire

$Qa=Qs = K_{st}.S.\ Rh^{2/3}.I^{½}$

Pour le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus doit être pris pour un cas défavorable.

Application au projet :

Sur un linéaire de 425m du bassin versent N : °9 un fossé trapézoïdal sera projeté le long du projet particulièrement du coté de talus de déblais, on à proposer :

- Une base : b= 0.6m
- Un coefficient de rugosité pour le béton arme : Kst =70
- Une pente de pose de l'ouvrage : i=3.5%
- Un débit d'apport : Qa=1.436 m^3/s

Application numérique :

A. Calcul des surfaces :

Surface de la chaussée : $A_c = 7x425.10^{-4} = 0.2975$ ha

Surface de l'accotement : $A_A = 2x425.10^{-4} = 0.0085$ ha

Surface du talus : $A_t = 10x425.10^{-4} = 0{,}425$ ha

B. Calcul des débits d'apport (Qa) :

- **Pour la chaussée :** C=0.9 ; p=2.5 % ; b =0.38 ; A=0.295 ha ; I(10%) =4.36 mm/h ; k=2.78

$$tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127.\sqrt{\frac{0.295}{2.5}} = 0.043$$

$$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.36.\left(\frac{0.043}{24}\right)^{0.38-1} = 220.02 \text{ mm/h}$$

Donc: $(Q_a)_c = K.I.Cc.Ac = 2.78x\ 10^{-3}x\ 0.90\ x\ 220.02\ x\ 0.295 = 0.162 m^3/s$

- **Pour l'accotement:** C = 0.4 ; p =4% ; I (10%) =4.36 mm/h ; b = 0.38 ; A=0,085ha k= 2.78

$$tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127.\sqrt{\frac{0.085}{4}} = 0.0185$$

$$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.36.\left(\frac{0.0185}{24}\right)^{0.38-1} = 371.16 \text{ mm/h}$$

Donc: $(Q_a)_{ac} = K.I.C_{ac}.A_{ac} = 2.78x\ 10^{-3}x\ 0.40\ x\ 371.16\ x\ 0.085 = 0.035\ m^3/s$

- **Pour le talus :** C= 0.3 , p=67 % , I (10%) =4.36 mm/h , b = 0.38 , A=0.425 ha k= 2.78

$$tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127.\sqrt{\frac{0.425}{4}} = 0.1$$

$$I_t = I.\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.36.\left(\frac{0.1}{24}\right)^{0.38-1} = 543.52 \text{ mm/h}$$

Donc : $(Q_a)_t = K.I.C_t.A_t = 2.78x\ 10^{-3}x\ 0.30\ x\ 543.52\ x\ 0.425 = 0.192\ m^3/s$

Donc le débit d'apport total Qa est :
$Qa=(Qa)_c+(Qa)_{ac}+(Qa)_t+(Q_{Bv})=0.162+0.035+0.192+1.436=$ **1.825 m^3/s**

Qa=1.825 m^3/s

C. Calcul de hauteur h :

$$Q_a = Q_S = \left(K_{st}.i^{\frac{1}{2}}\right).h.(b+n.h).\left[\frac{h.(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}\right]^{2/3}$$

Avec : b= 0.6 ; tg (α) = 1/n = 1/ 1.5 ; K_{st}= 0.70 ; i = 0.035

Après un calcul itératif j'ai trouvé H=0.43 m

$$Q_S = \left(0.70.0.035^{\frac{1}{2}}\right).0.43.(0.60+1.5\,.0.43).\left[\frac{0.43.(0.60+1.5\,.0.43)}{0.60+2.0.43\,\sqrt{1+1.5^2}}\right]^{2/3}$$

Donc : Qs=2.06m^3/s

Vérification :

Qs=2,06m3/s ====> 2.06 m3/s > 1.825 m3/s

= Qs>Qa

Donc le débit d'apport est nettement inferieure à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions du fossé proposé est largement suffisant pour faire passer les apports du bassin versant.

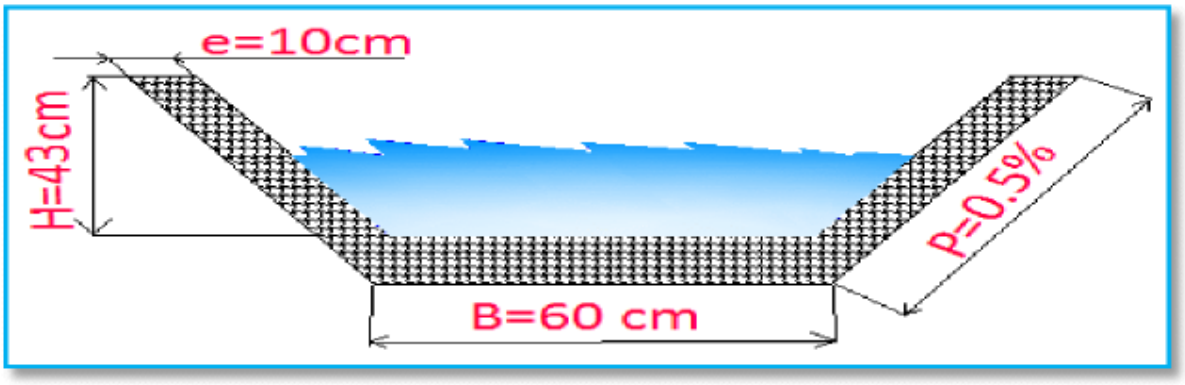


*Figure (IX-2) : **Section du fossé en béton armé***

LES BUSES :

Procédures de dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend :

Qa=Qs et Qa=K.C.I.A et Qs =S_m.Kst.$R_h^{2/3}$.$I^{1/2}$

On calcul une section et un périmètre mouillé pour une hauteur de remplissage qui est égale à:

- 0.75 de diamètre si ce dernier est inferieur ou égale à 1 mètre.
- 0.80 de diamètre si celui-ci est supérieur à 1 mètre.

Avec :

- R_h : rayon hydraulique =3/5.R
- Pm : périmètre mouille = 4/3 . π . R et
- Sm : surface mouille = $4/5\pi R^2$

On prend en considération un coefficient de rugosité donnée selon le matériau constituant l'ouvrage.

Puis on donne une pente de pose qui vérifie la condition de limitation de vitesse maximale qui est égale à 4 m/s

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : Φ400, Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500...etc.

Application au projet :

Sur le bassin versent N°9, on a :

Un coefficient de rugosité pour le béton arme : Kst =80

Une pente de pose de l'ouvrage : I=2.5%

Un débit d'apport : Qa=0.735 m^3/s.

Calcul de rayon hydraulique

On à : $Qa=Qs=K.I.C.\ A = Kst.\ I^{1/2}.\ Sm.\ (D/2)^{2/3}$

$D^{8/3} = Q_a.\ 2^{2/3} / (Kst\ .\ ½\ .\ I^{1/2}\ .\ \pi\ )$

(8/3) Ln D=2.88 /19.85

D = 0.969m

D'où le diamètre de la buse est de 0.969 m, on adoptera un Φ1000 mm

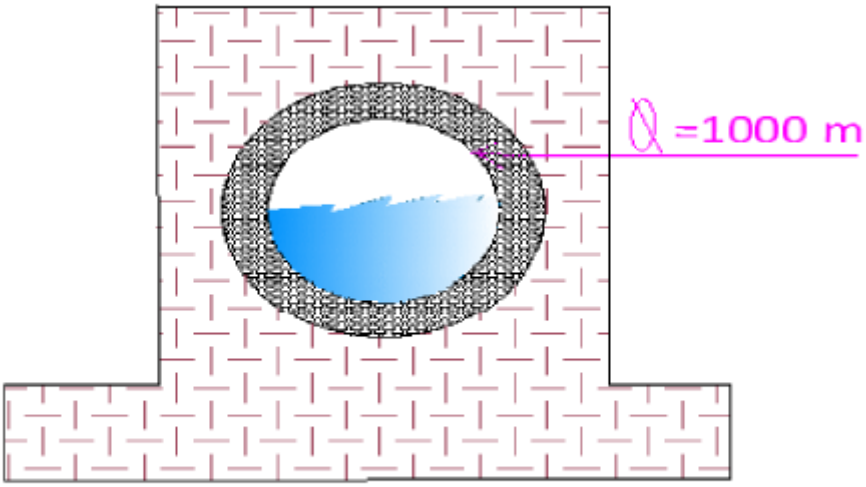


Figure (IX-3) ***Section d'une buse en béton armé***

Remarque :

Les ouvrages busés proposés vérifient largement les conditions de débit et de vitesse.

A la lecture des différents résultats obtenus, on remarque que le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions des buses proposés sont largement suffisent pour faire passer les apports de bassin versant .

Les dalots :

Un dalot c'est un ouvrage hydraulique constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle. Les pied droits sont posés sur une fondation ou un radier.

Les sections transversales des dalots peuvent avoir de diverses formes, les plus utilisé en Algérie sont de forme rectangulaire.

Procédures de dimensionnement des dalots :

Pour dimensionner un dalot on fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcul la travée nécessaire puis on fixe la hauteur de remplissage à p=0.8 h

Pour la section se calcul comme pour les fossés, on change juste la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot .

- Un périmètre mouillé : P_m = 2. 0.8.h+L
- Une surface mouillée : S_m=0.8.h . L
- Un rayon mouillé : R_m= S_m/P_m = (0.8.h . L) /(1.6.h+L)

Application au projet :

basin versant N: °8

- Qa=22.07 m3/s
- Une largeur proposée : L= 6m
- Un coefficient de rugosité pour le béton arme : Kst =70
- Une pente de pose de l'ouvrage : I=2.5%

$Qs = K_{st}. I^{1/2.} ((0.8.h. L) /(1.6.h+L))^{2/3}. 0.8\ h. L$

Donc la hauteur de saturation H=1.83m

Vérification :

A la lecture des différents résultats obtenus, on remarque que le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions de dalot proposé sont largement suffisant pour faire passer les apports du bassin versant e largeur L'ouvrage proposé vérifie largement les conditions de débit et de vitesse.

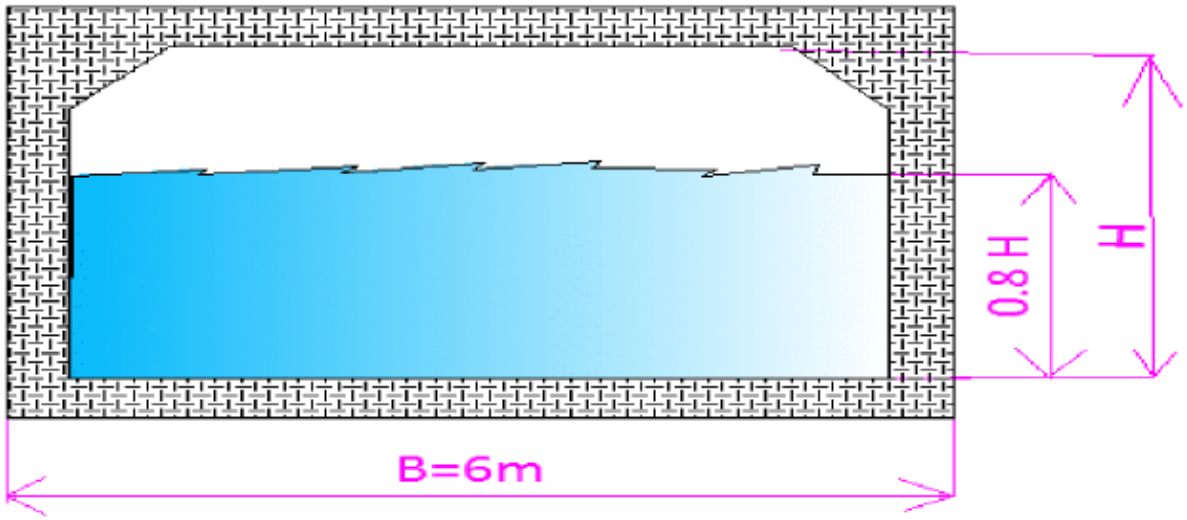


Figure (IX-4) : ***Section d'un dalot en béton armé***

IX.4.4 LES OUVRAGES HYDRAULIQUE DANS L'EVITEMENT :

N. BV	Débite m^3/s	Buses Φ en (mm)	Dalots (L x H)
1	24.310		(6 x 1.83m)
2	0.338	Φ800	
3	7.899	2xΦ1200	
4	2.662	Φ1200	
5	1.069	Φ1000	
6	0.217	Φ800	
7	6.087	2xΦ1200	
8	22.078		(6 x 1.83m)
9	1.436	Φ1000	

CHAPITRE (X)

CHOIX ET CONCEPTION D'ECHANGEUR

X.1. Introduction

X.2.Les différents types d'échangeurs

X.3.choix de l'échangeur

X.4. Caractéristiques géométriques des échangeurs

X.5 La visibilité dans l'échangeur

X.6. Tracé en plan des rampes (bretelles)

X.7. Application au projet

X. CHOIX ET CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1 INTRODUCTION :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. En terme technique, un échangeur est un dispositif de raccordement entre plusieurs Voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'accéder ou D'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:

- Naud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de par cours utilisés par les usagers de la route.

Les avantages de l'échangeur : Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne conditions de confort et de sécurité.
- Evité les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evité les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- Evité les contraintes d'arrêt et de reprise. I Assure la continuité du réseau autoroutier

Les inconvénients de l'échangeur : L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

X.2 LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS :

Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

X.2.1 Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccordement entre autoroute et autoroute sans qu'il y a de cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

X.2.2 Echangeurs mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernent par le raccordement sont :

Losange Demi-trèfle La trempette.

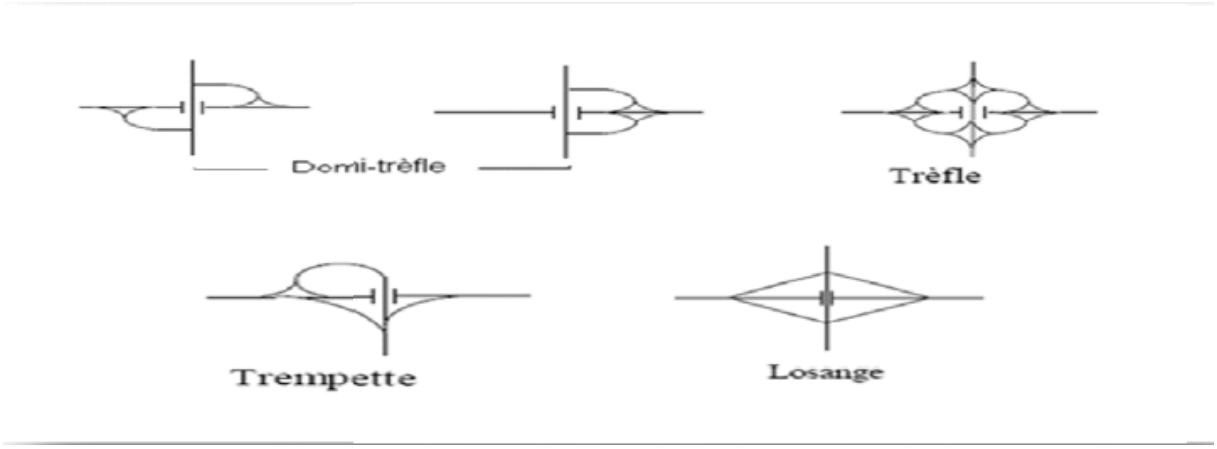
Le losange : Il permet une distribution symétrique des échanges, mais nécessite une emprise dans les 4 quadrants et crée des cisaillements sur la route secondaire.

Avantage :

- Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- Un schéma simple.
- Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoie exceptionnel par exemple.

Inconvénients :

- L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.



X.3 CHOIX DE L'ECHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adopté ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but on suit le chemin suivant :

a. Détermination du tracé à partir de

- Présentation du site d'implantation.
- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

b. Configuration de tracé à adopter

L'échangeur a adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garante en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements ».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

c. Analyse

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité

X.4 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ECHANGEURS:

Tout échangeur, quel que soit son importance, sa classe ou sa forme est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

Le Pont (passage supérieur ou inférieur).

Le Carrefour (s) plan(s).

Les Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

X.4.1 Le Pont :

Qui assure un passage supérieur ou inférieur, la détermination du nombre d'ouvrage d'art << pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi
- Les instructions et réglementation de conception. .
- La condition de coordination profil en long- tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.

X.4.2 Les Carrefours plans :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité, commodité et débit. Entre autres, un compromis entre ces conditions doit être recherché

X.4.3 Les Brettelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux routes qui se croisent. Chaque brettelles se termine à une de ces extrémités par une voie de décélération et l'autre par une voie d'accélération.

Pente transversale d'une :

Bretelle Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente. En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2,5 % orientée vers la droite. Dans les courbes déversées, la pente varie linéairement en fonction de 1/R entre 2,5 % pour le rayon Rhnd (300 m) et 7 % pour 100 m, et reste de 7 % en deçà de 100 m.

X.5 Visibilité dans un échangeur

X.5.1 Visibilité sur une entrée :

La visibilité sur véhicule entrant favorise les maneuvres d'insertion. Elle contribue à la sécurité et à la capacité en permettant l'adaptation réciproque des vitesses, nécessaires aux manœuvres d'insertion et, éventuellement, à la coopération, par dévoiement, des usagers de la chaussée réceptrice.

Cette distance de visibilité sur véhicule entrant, positionné au niveau du point E=1.00m du dispositif d'insertion est fixée, au minimum, à la distance d'arrêt pour la vitesse pratiquée sur la chaussée réceptrice.

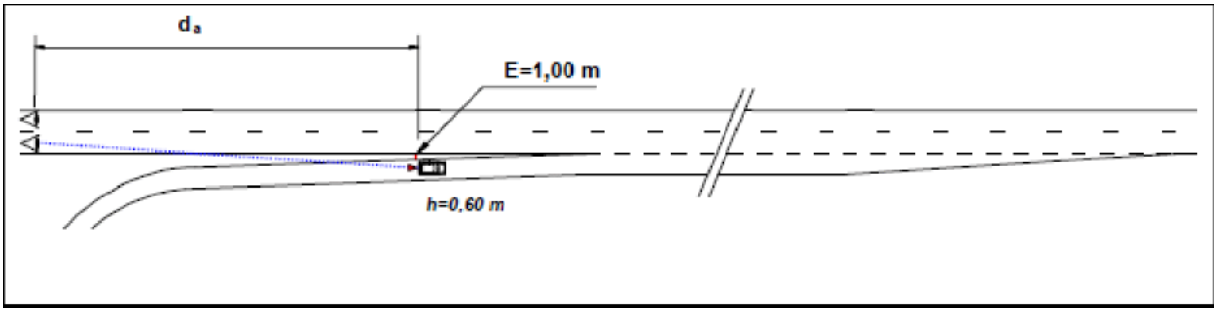


Figure : Visibilité sur une entrée

X.5.2 Visibilité le long des bretelles ou des branches :

Le conducteur empruntant un échangeur doit disposer Le long de chaque bretelle, de la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule arrêté sur sa voie ; cette règle garantit aussi une visibilité d'approche minimale sur les gares de péage, les carrefours de raccordement et les files d'attente induites. Cette considération est dimensionnante de la longueur des bretelles de sortie :

- A l'approche d'un virage, d'une distance de visibilité sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire, au moins égale la distance parcourue à vitesse limite prescrite en 3 secondes, afin de lui permettre de percevoir la courbe et d'adapter son comportement à temps.

- En approche et au niveau des carrefours de raccordement à la voirie ordinaire, de conditions de visibilité conformes aux recommandations relatives aux carrefours plans, en tenant compte des vitesses prescrites sur la bretelle.

X.5.3 Visibilité sur une sortie :

A l'amont d'une sortie, les conditions de visibilité portent d'une part sur la signalisation directionnelle qui se rapporte à cette sortie et sur le dispositif de sortie lui-même.

Les ordres de grandeur pour la prise en compte de la signalisation directionnelle sont :

- Avertissement : 60 s avant la sortie pour attirer l'attention des usagers.
- Pré-signalisation : 30 s avant la sortie, pour marquer le début de la manouvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite.
- Signalisation avancée, au point S= 1.50 m, pour marquer la fin de la manouvre de sortie sur la chaussée émettrice.

A partir de chacune des deux voies les plus à droite de la chaussée émettrice, la distance de visibilité sur chaque panneau doit correspondre au minimum à la distance parcourue pendant 6 secondes à la vitesse limite autorisée.

X.5.4 Visibilité sur un lit d'arrêt :

Sur la voie de droite ou, le cas échéant, sur la voie spécialisée pour véhicules lents, le chauffeur d'un poids lourd, observant à 2,50 m de haut et à 2,50 m de la rive, doit voir le début du marquage en damier au moins à une distance de 170 m.

X.6 Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) :

Le tracé des rampes dépend toujours du tracé de la route aux quelles se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou de décélération.

X.6.1 Voies d'insertion (d'accélération) : selon la norme (B40)

Longueur de la voie d'insertion L comptée du nez d'entrée réduit à lm jusqu'au point ou la longueur se réduit à 1,5 m.

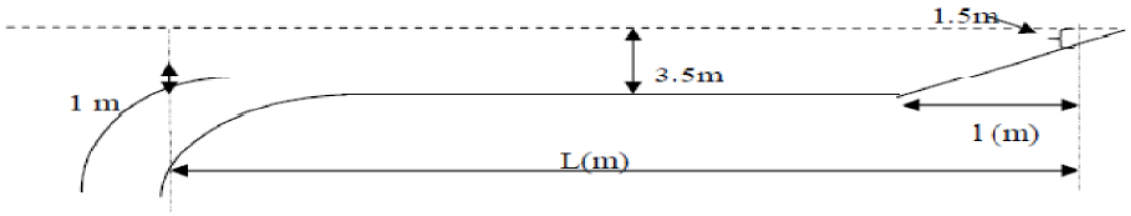


Figure : Voies d'insertion

Sa longueur est déterminée par la vitesse d'approche à vide de la route principale.

Va (Km/h)	60	80	90	100	120
L (m)	140	180	210	240	320

X.6.2 Voies de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle

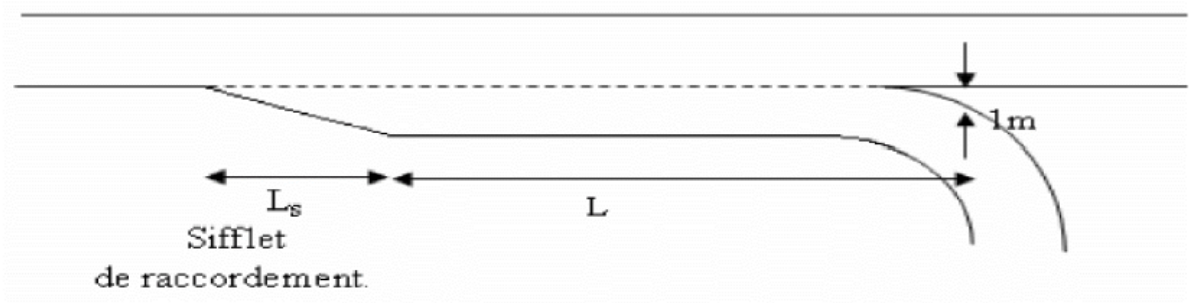


Figure : Voies de décélération

Longueur de la voie décélération :

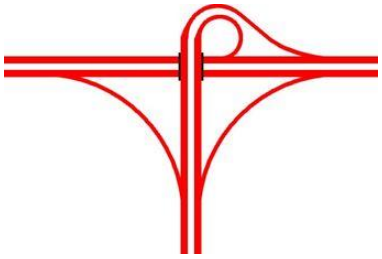
Va (Km/h)	60	80	100	120
L(m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

X.7 APPLICATION AU PROJET :

Il s'agit d'un échangeur de trois branches dont deux branches en deux voies de circulation, la troisième en 2x2 voie. Cet échangeur constitue le point de raccordement de l'évitement à la RN24

X.7.1 Les différentes directions de cet échangeur :

- Une direction vers Boumerdes
- Une autre direction vers Zemmouri
- La troisième direction vers C146
  - ✓ Donc notre échangeur est de type : **trempette.**
  - ✓



X.7.2 Vitesse sur les bretelles

La vitesse de référence des véhicules d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers. Le respect des conditions liées a cette vitesse minimale, permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, et par la même la sécurité et le confort de la conduite. D'après le B40 :

- la vitesse sur la route nationale 24 est de Vr = 60 Km/h.
- la vitesse sur l'évitement est de Vr=60Km/h
- La vitesse sur l'échangeur est de Vr = 40 Km/h.

X.7.3 Configuration de tracé à adopter

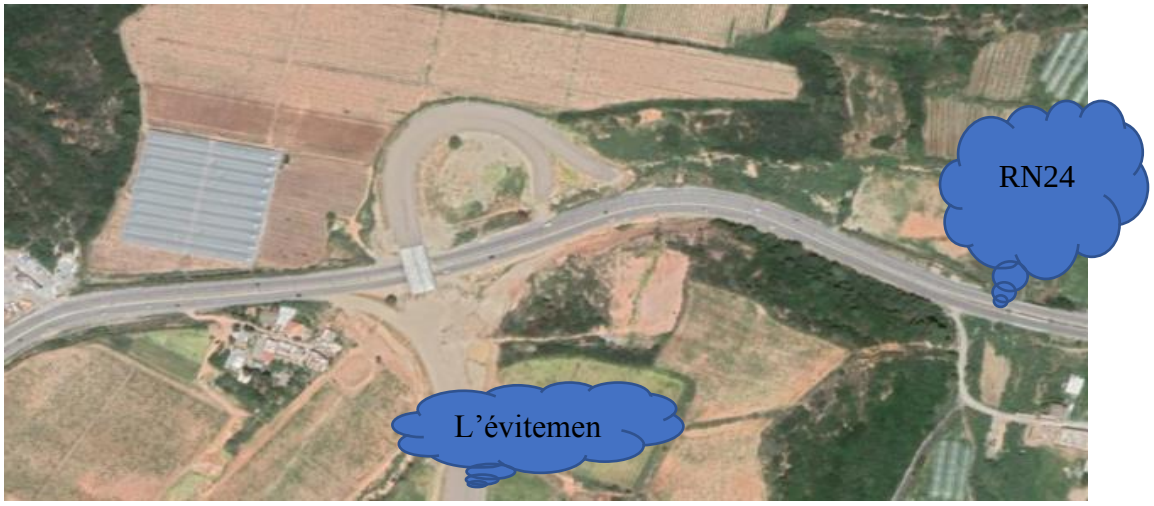
- **Tracé**

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 40 Km/h.
Rayon des boucles :

- R_{min} = 40 m
- R_{max} = 75 m

Rayon des diagonales :

- R_{min} = 100 m
- R_{max} = 175 m



CHAPITRE (XI)

EQUIPEMENTS DE LA ROUTE

XI .1. Sécurité.

XI .2. Barrières de sécurité.

XI.3. Signalisation.

XI .4. Objectifs de signalisation routière

XI .5. Types de signalisation.

XI .6. Les critères de conception de la Signalisation.

XI .7. ECLAIRAGE

XI .8. Catégories d'éclairages.

XI .9. Paramètres de l'implantation des luminaires.

XI. Equipement de la route :

XI.1 SECURITE :

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

XI.2 BARRIERES DE SECURITE :

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

- ✓ D'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- ✓ De prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- ✓ De définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement...), Le dimensionnement de la berme doit permettre la mise en place des dispositifs les plus adaptés.

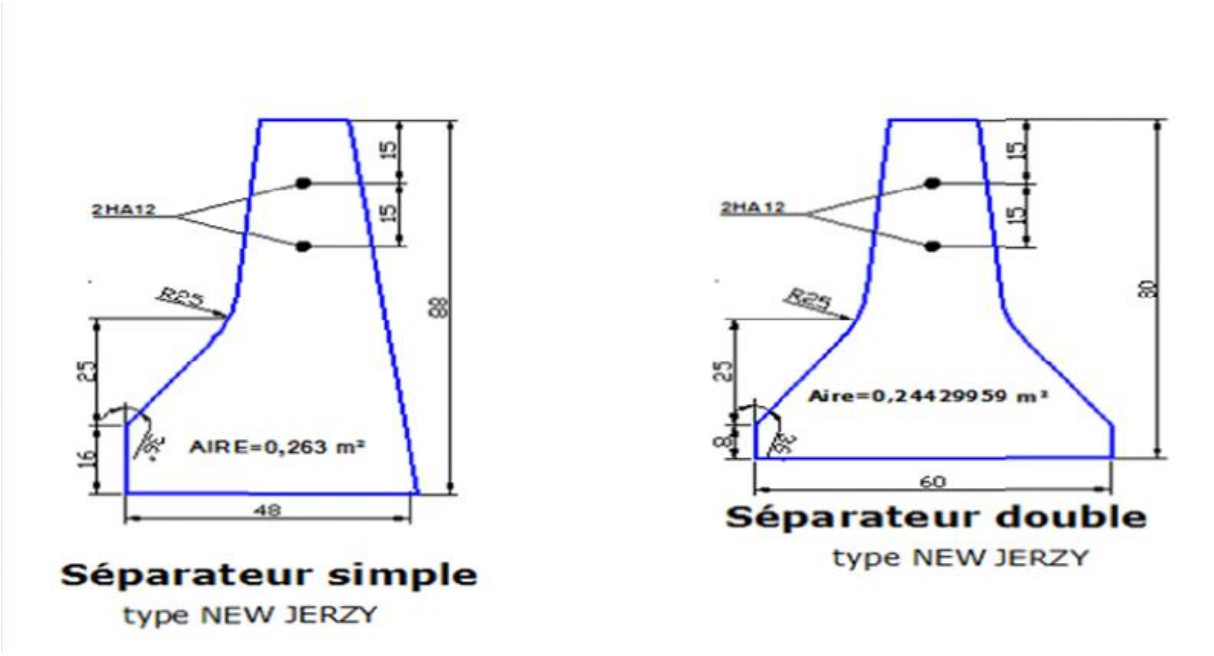
XI.2.1 Sur le T.P.C :

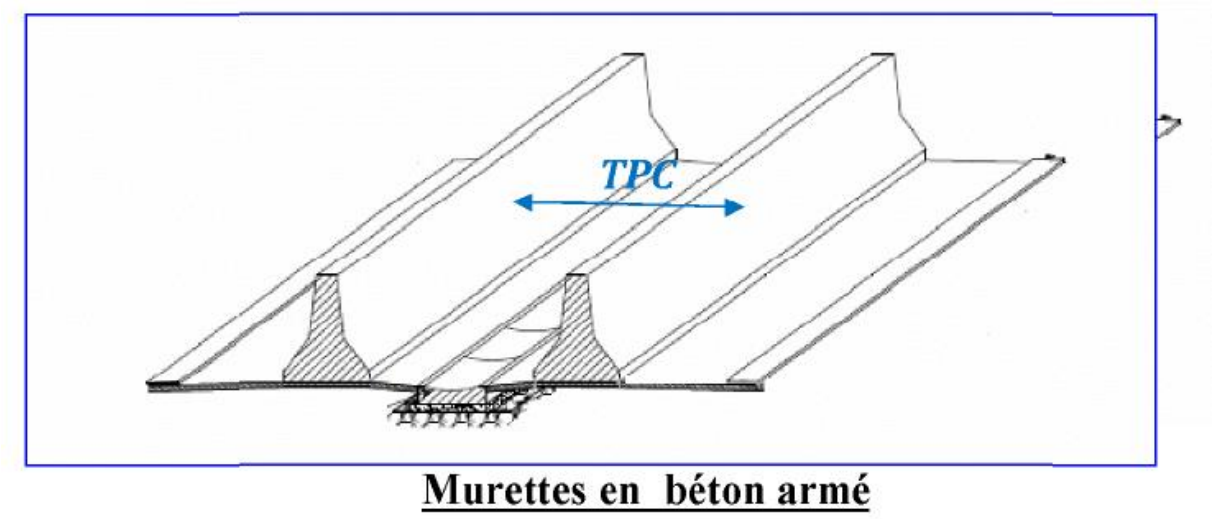
Des barrières de sécurité équipent systématiquement le T.P.C.

Le choix du type de barrière est:

Fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé...), des Contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du T.P.C.

On utilise les séparateurs en béton de type GBA (glissière en béton adhérent) ou DBA (double en béton adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.





XI.2.2 Sur l'accotement

Sur les autoroutes à 2x3voies ou 2x4 voies, des barrières de sécurité doivent être mises en place systématiquement.

Sur les autoroutes à 2x2 voies, des barrières de sécurité sont implantées en présence de dispositifs agressifs situés dans la zone de sécurité, ainsi qu'à l'extérieur des courbes de rayon inférieur à 1,5 Rhnd.

En outre, des barrières adaptées à la retenue des poids lourds sont implantées lorsque les conséquences d'une sortie de chaussée sont particulièrement graves eu égard à la proximité d'installations sensibles (zone de captages d'eau potable, dépôt d'hydrocarbures...), d'habitations ou d'équipements publics, à la configuration des projets (viaduc, haut remblai...) ou à la nature des voies (voie ferrée, route à trafic élevé...) longées ou franchies.

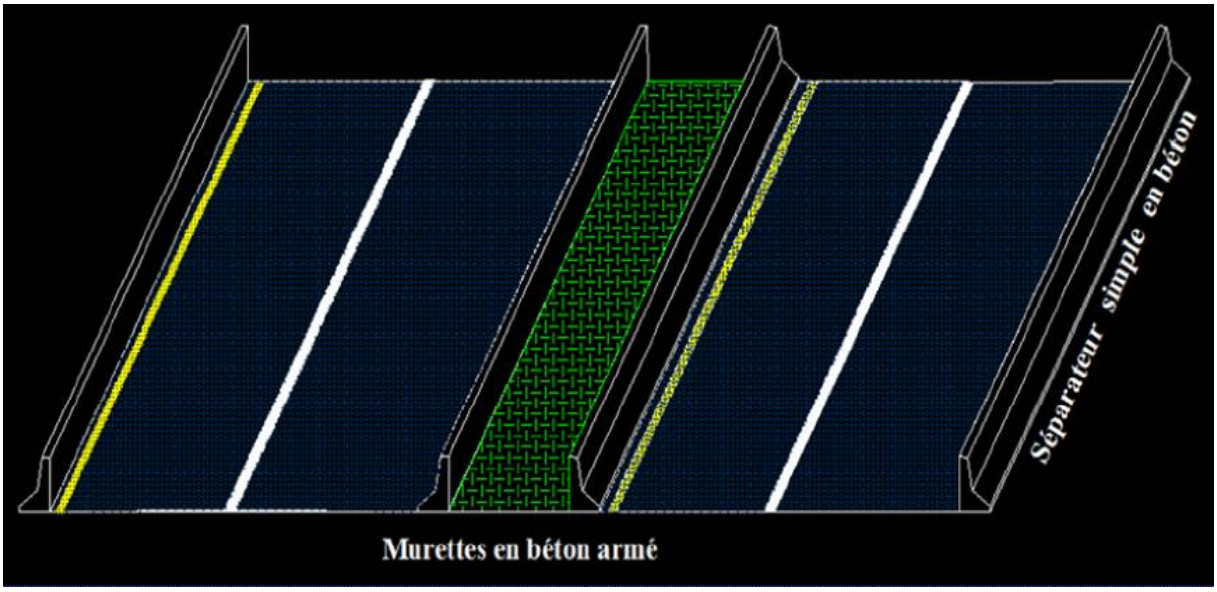
La murette de protection en béton armé : envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.

Application :

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues à tout long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile et d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.



XI.3 SIGNALISATION :

Plus les caractéristiques géométriques de la route s'améliorent plus la vitesse de base augmente et le risque d'accident devient inévitable, d'où s'impose a l'ingénieure routier de prévoir des signalisations qui doivent être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'usager par une utilisation abusive de signaux

XI.4 OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour rôles :

- De rendre plus sur et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaine prescription du code de la route.
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

XI.5 TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

XI.5.1 Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

XI.5.2 Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, la signalisation horizontale se divise en deux types :

Marque longitudinale :

- Lignes continues.
- Lignes discontinues (ligne d'avertissement, ligne de rive).

Marques transversales :

- Ligne STOP :
- Les flèches (rabattement, de sélection).

XI.5.3 Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- U = 7.5cm sur autoroutes est voies rapides urbaines.
- U= 6 cm sur les routes et voies urbaines
- U = 5 cm sur les autres routes.

XI.6 LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION :

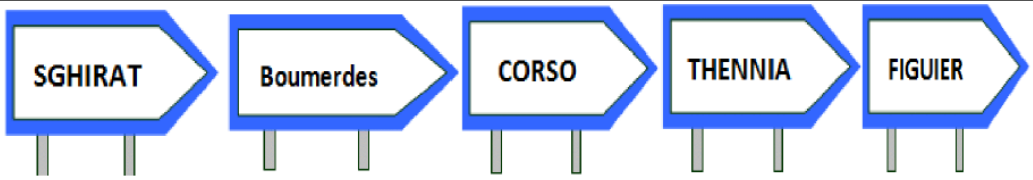
Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'usager.
- Eviter la publicité irrégulière

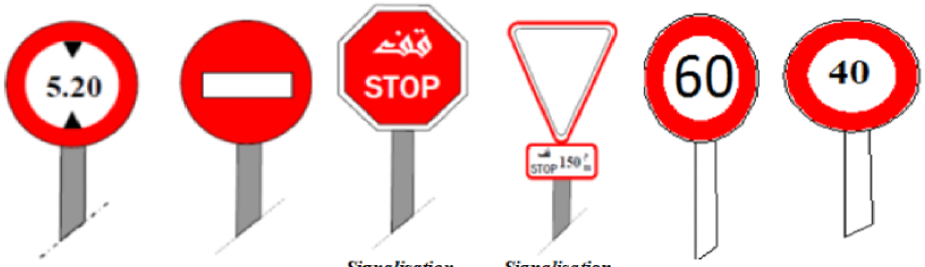
Tableau récapitulatif des différentes signalisations de l'évitement :

Signalisation verticale

Signalisation de direction



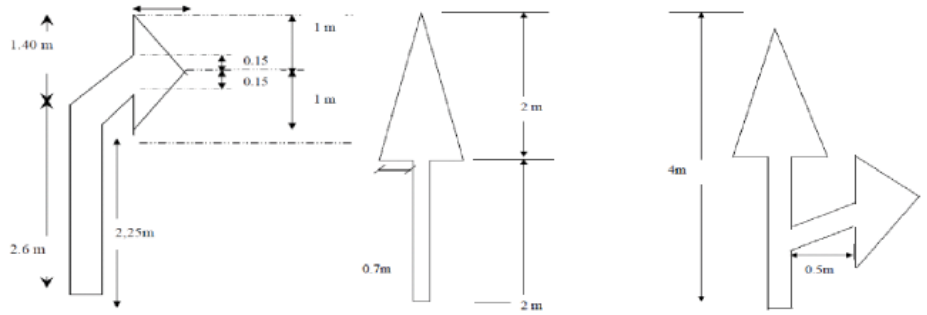
Signaux d'interdiction

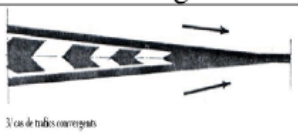
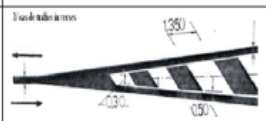


Hauteur limite de gabarit (C11) | Sens Interdit(C1) | *Signalisation de Priorité (B2)* | *Signalisation de danger(A24)* | Vitesses limitées

Signalisation verticale

flèche de rabattement



	Trafic convergent	Trafics divergents	Trafic inverses
Hachure			

Les lignes

Les ligne continue, discontinue



XI.7 ECLAIRAGE

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

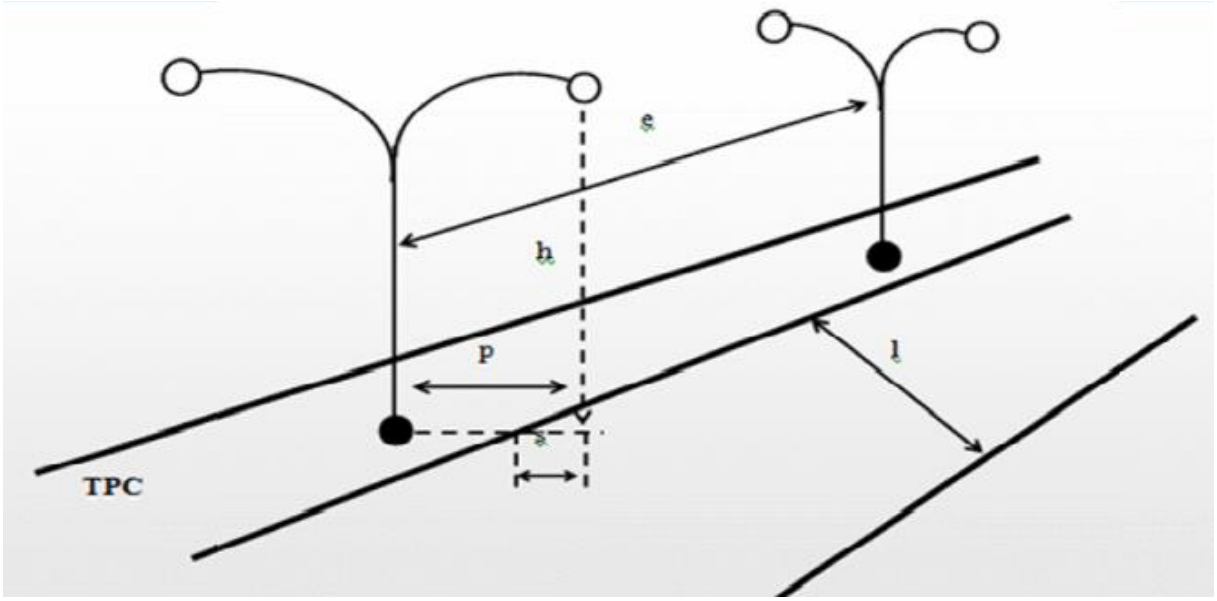
XI.8 CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution
- Eclairage des voies de cercle
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé

XI.9 PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (1) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.



Application :

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certains points particuliers seront traités par un éclairage composé par des lampadaires disposé selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

Chapitre (XII)

Impact Sur L'environnement

XII .1. Introduction

XII .2. Cadre juridique

XII .3. Sources d'impact

XII. Impact Sur L'environnement

XII.1 Introduction

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles. L'effort technologique vise à maîtriser c'est connaître, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la Flore et de la faune.

XII.2 Cadre juridique :

Le projet est assujetti à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu des dispositions de la réglementation nationale en vigueur, notamment :

- **Loi 03-10** du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- **Loi n° 2002-02 du 22 Dhou El Kaada 1422** correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.
- **Décret exécutif n°09-88 du 21 Safar 1430** correspondant au 17 février 2009 relatif au classement des zones critiques du littoral.
- **Décret exécutif nº 06-198** du du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 Mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
- **Décret exécutif nº 07-144** du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
- **Décret exécutif n° 07-145** du 2 Joumada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

XII.3 Sources d'impact :

Dans le cadre du projet, les principaux impacts surviendront principalement pendant les phases de construction et d'exploitation. Les principales sources d'impact de cette phase sont:

XII.3.1 Impacts de la phase réalisation du projet

Ce chapitre analyse les impacts prévisibles du projet en différenciant les impacts temporaires et les impacts permanents, directs ou indirects. L'analyse des impacts est menée sur le couloir de l'étude, et étendu selon les besoins en fonction des enjeux environnementaux de la zone.

Les impacts de ces phases sont généralement limités dans le temps, et d'une influence directe ou indirecte sur la santé humaine et sur l'Environnement.

Impacts sur la population :

Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux portent sur l'expropriation des biens, ainsi que des nuisances générées par les travaux, Risque d'accidents et la pollution du l'air.

Impacts sur les ressources en eau :

- ✓ **Impact sur les eaux superficielles**

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique important, Les eaux peuvent être altérées temporairement par les différents travaux

La préservation de ces ressources naturelles doit être garantie par le responsable de chantier et les ouvriers qui doivent être formés et informés sur les mesures de protection des ressources en eaux.

- Le nettoyage du matériel de chantier, le lavage des camions et engins de chantier aux bords d'Oued, ainsi que le rejet des déchets solides ou de rejets liquides sont à l'origine de la pollution des eaux lors de la phase de construction.
- Une pollution par les déversements des produits chimiques et des hydrocarbures peut être enregistrée par des effets accidentels, ou par Malveillance.
- Une augmentation de la turbidité des eaux de surface par le rejet des eaux de chantiers
- La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces à cause des mauvais travaux de terrassements, et de remblaiement.

Impacts sur les activités agricoles :

Les impacts remarquables en phase des travaux sont :

- Occupation temporaire de terrain pour des éventuelles zones de passage, avec pertes de revenus, la destruction de passages et de clôtures, difficultés d'accès éventuels aux parcelles.
- Envol de poussières suite aux travaux.
- Allongement des trajets suite à des coupures des itinéraires.
- Morcellement des propriétés foncières.

Impacts négatifs sur le milieu physique :

- ✓ **Impact sur la géomorphologie**

Les impacts probables attendus sur ce thème sont surtout liés aux terrassements, de stabilisation des matériaux des talus. Ces opérations risquent d'induire, à cause de la sensibilité de certaines formations géologiques traversées, des impacts négatifs pendant la phase de construction avec des effets pouvant se prolonger sur la phase d'exploitation.

- ✓ **Impact sur les sols**

Au niveau des sols, le projet induira une série d'impacts dont essentiellement :

- La perte des sols par décapage de l'emprise.
- L'accentuation des phénomènes de l'érosion.
- Le tassement des sols.

Impact sur la faune et la flore :

Pour la Flore, Les travaux de chantier peuvent entrainer l'abattage des pieds d'Arbres, d'Arbustes, et d'autres formations végétales, ce qui provoque une réduction du couvert végétal, la région marquée par la présence du parc national qui est riche en biodiversité
De point de vu faunistique, la zone d'étude est déjà perturbée par la route existante.

XII.3.2 Impact de la phase d'exploitation du projet :

- ✓ **Impacts positifs**
- L'amélioration des flux du trafic routier.
- L'amélioration de la sécurité routière.
- Réduction des nuisances sonores liées à la concentration du trafic routier.
- Effet positif pour l'emploi.
- Développement des activités socio-économiques dans les zones servis par le projet.
- Eviter le flux du trafic vers les deux localités

- ✓ **Impacts négatifs**

Impacts sur le milieu biologique (la faune et flore)

- ✓ **Impact sur la faune**
- Mortalité par collision ou écrasement par véhicules.
- Modifications du comportement des animaux, dont Certains sont attirées par les bords de routes ce qui provoque des accidents mortels. D'autres fuient les milieux où la fréquentation par l'homme est accrue.

- ✓ **Impact sur la flore**

Lors de la mise en service du projet, les risques de pollution des formations végétales par les émissions Atmosphériques des moteurs des véhicules, et par les effluents liquides surtout au période des pluies, sont à l'origine des différentes anomalies qui peuvent provoquer des maladies graves et peuvent être derrière la mortalité des formations floristiques.

Impacts négatifs sur le milieu physique

- ✓ **Impacts sur la qualité de l'air**

La qualité de l'air sera perturbée par les émanations atmosphériques des véhicules, notamment une augmentation des concentrations de SO_2, NO_X, O_3, CO, CO_2, métaux lourds… sera enregistrée, ainsi que par l'envol des poussières et des particules PM_{10} (particules a diamètre inférieur à 10 μm).

- ✓ **Impacts sur les eaux superficielles et souterraines**

Lors d'exploitation du projet, les rejets de moteurs et des pots d'échappements des véhicules ainsi que les graisses, et huile s'accumulent sur la chaussée de la route. En période des pluies, ces cumules seront transportés par les eaux pluviales vers le milieu naturel, les cours d'eaux sont le premier milieu récepteur qui sera affecté par ces eaux polluées, et qui vont être plus particulièrement pollués par ces effluents, par la suite, ces polluants peuvent être transmis vers la nappe phréatique et les eaux souter

XII.3.3 Mesures de compensation des impacts négatifs en phase chantier

✓ **Mesures d'atténuation des impacts négatifs sur la population**

- L'expropriation des habitants doit être effectuée vers des lieux meilleurs aux ceux détériorés.
- Identification -par les services concernés- des bâtis et terres agricoles touchées puis à déterminer les montants d'indemnisation.
- Pour les nuisances sonores et atmosphériques en phase de travaux, la circulation des engins doit être limitée à l'intérieur des emprises du projet et des pistes d'accès, dans des horaires bien définis.
- Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence (rétablissement de routes ou de réseaux).
- Des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès seront mises en place afin de limiter les risques d'accident.
- Arrosage des pistes lors des travaux afin d'éviter l'envol des poussières qui sont une source de nuisance pour la santé des travailleurs et des populations riveraines.
- La création de chemins latéraux à l'emprise envisagée va permettre de faciliter le déplacement des populations.

✓ **Qualité de l'Air**

Pour diminuer la pollution de l'air à cause de la génération de poussière durant la circulation des camions de transport, engins de terrassements, l'exécution des travaux, etc., il est recommandé l'irrigation des accès et des zones auxiliaires de chantier de façon régulière, surtout, durant la saison sèche de l'année et lors des jours de vent.



FigureXII.1. Arrosage des pistes de chantier.

✓ **Bâchage de camions**

Durant le transport de matériaux, seront couvertes les caisses pour éviter l'envol des poussières et des particules fines, qui, en suspension, polluant les alentours du chantier et de l route.



Figure XII.2. Bâchage des camions.

✓ **Mesures d'atténuation des impacts des bruits**

- Pour les nuisances sonores et atmosphériques en phase de travaux, la circulation des engins sera limitée, dans des horaires bien définis.
- Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence
- La création de chemins latéraux va permettre de faciliter le déplacement des populations.

✓ **Mesures de Protection des utilisateurs de la route**

- La protection des utilisateurs de la route sera assurée par l'entretien régulier des parties altérées de la route.
- L'utilisation de la bonne signalisation dans les bons lieux aide les utilisateurs d'éviter les situations dangereuses qui peuvent être mortelles.
- Création des passages supérieurs dans les points de passage des habitants.

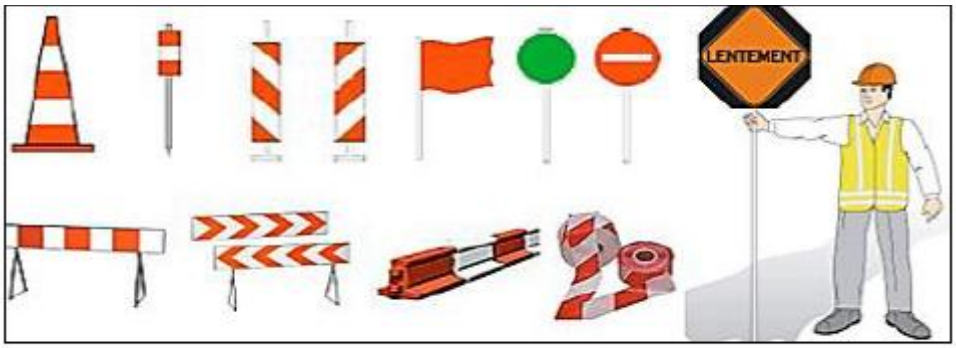


Figure XII.3. Signalisation sur chantier.

✓ **Mesures de prévention de la pollution des ressources en eau**

Les oueds, les plans d'eau naturels, la multitude de puits domestiques, forages et réseaux d'assainissement situés en contre bas de la route sont les milieux hydriques récepteurs de pollution.

Dans la phase chantier :

- La mise en place de sanitaires raccordés à une fosse étanche.
- Le nettoyage du matériel de chantier doit être effectué loin des lits d'Oueds
- Un suivi régulier des ressources en eau à proximité du tracé.
- Prévoir un dispositif de traitement des eaux collectées par des fossés revêtus avant leur restitution dans le milieu naturel.

✓ **Protection de la faune et la flore**

Flore

La végétation est le reflet de la qualité des milieux, il est en effet possible de semer des espèces souhaitées ou de laisser la recolonisation naturelle dont les talus des voies peuvent devenir, sur place, des milieux de compensation valables pour la végétation.

Faune

- Certains naturalistes en relevé que la coupure du a la chaussée (coupure thermique ou celle liée à l'enrobé bitumineux) peut provoquer une limitation des échanges génétiques et conduire, à long terme, a un appauvrissement des espèces.
- La création des passages à Faune appropriés selon les types des Animaux de la région diminue les risques de mortalité de ces derniers par collision.
- Les vibrations occasionnées par les travaux peuvent faire fuir les reptiles et provoquent la désertion des terriers par les renards, ces impacts sont limités dans le temps, l'impact donc sera modéré.
- La gravité de l'impact provient de l'importance de l'infrastructure et de la forte densité du trafic.

Conclusion :

Dans les différentes phases du projet, (études et réalisation), tous les aspects suscités doivent être pris en considération, notamment la préservation des sites classés et des aires protégées, dont toutes les parties prenantes doivent appliquer les bonnes pratiques environnementales garantissant les meilleurs niveaux de respect de l'environnement et de la biodiversité qui constituent la richesse naturelle de la zone d'étude, de la Wilaya de Boumerdes et de la région toute entière. Comme tout projet d'infrastructure, ce projet, aura des impacts négatifs sur l'Environnement naturel lors de sa mise en œuvre, mais l'application des Bonnes Pratiques Environnementales vont jouer un rôle prépondérant dans la compensation des dégâts sur toutes les composantes de l'environnement.

Devis quantitatif et estimatif

Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation	Unité	Prix Unitaire (DA)	Quantité	Montant DA
1	Installation de chantier				
		Forfait	3% (2+3)		
	Total 1				43 485 278
2	Terrassement accotement				
	Déblais en sol inutilisable mise en dépôt	M3	300	2 844 579	853 373 700
	Remblais d'emprunt	M3	600	385 945	231 567 000
	Total 2				1 084 940 700
3	Chaussée				
	Matériaux pour accotement	M3	1500	7101	10 651 512
	Couche de fondation en GNT	M3	2500	25 396	63 490 000
	Couche de base en GB (2.2t/m3)	T	6000	30 613	183 678 000
	Couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	7700	13 717.2	105 622 400
	Couche d'imprégnation en émulsion 700à800g/m2	T	7800	113	881 400
	Couche d'accrochage dosée 200à300g/m2	T	5800	42	243 600
	Total 3				364 566 912
4	Assainissement				
	Fossé bétonné	ML	3000	7100	21 300 000
	Ouvrage dalot	U	3500000	2	7000000
	Buses	ML	30000	200	6000000
	Total 4				35 300 000
5	Signalisation				
		Forfait	2% (1+3)		
	Total 5				8 161 042
6	Impact sur l'environnement				
		Forfait	1% (1+3)		
	Total 6				4 080 521
	Total (DA)	1 540 534 453			

XIII. CONCLUSION GENERALE :

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour moi pour concrétiser mes connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école nationale supérieur des travaux publics.

Dans ma démarche d'étude j'ai essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes que je ne peux négliger et je prends en considération, le confort et la sécurité des usagers.

C'est dans le cadre de l'étude en APD que j'ai élaboré ce projet de l'évitement de la ville de Boumerdes, qui présente en axe d'une route express de la RN 24

Après cette étude, j'espère avoir contribué à trouver une solution aux problèmes de transformation de trafic de la RN 24 qui a été faite vers cette nouvelle infrastructure qui soulagera en particulier la ville de Boumerdès du problème de circulations et de sonores, et assurera aux usagers en général un bon confort, et une circulation fluide.

Aussi ce projet, il était pour moi d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour moi d'approfondir mes connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE 5 et l'AUTOCAD.

J'espère ainsi avoir était a la hauteur des espérances des gens qui m'ont soutenu, et que ce modeste travail soit le reflet de mes efforts tout au long de mon cursus.

Bibliographie

- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacitédes routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP ».
- KALLI FATMA-ZOHRA & GOUMETTRE AHMED, *Manuel de projet de route*.
- Anciens mémoires de fin d'étude
- Cours de l'ENSTP

Le 24/09/2020 à 21:29 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1570
evitement de la ville de boumerdes

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	43.892
D1	PENTE= 5.655 %	963.367		
			963.367	98.373
PR1	S= 821.9841 Z= 94.3752 R = 2500.00	50.467		
			1013.833	101.736
D2	PENTE= 7.674 %	1083.743		
			2097.576	184.902
PR2	S= 2289.4253 Z= 192.2637 R = -2500.00	88.548		
			2186.124	190.129
D3	PENTE= 4.132 %	1418.342		
			3604.466	248.736
PR3	S= 3707.7676 Z= 250.8704 R = -2500.00	60.688		
			3665.154	250.507
D4	PENTE= 1.705 %	643.349		
			4308.503	261.473
PR4	S= 4351.1163 Z= 261.8366 R = -2500.00	226.055		
			4534.557	255.106
D5	PENTE= -7.338 %	1381.574		
			5916.131	153.732
PR5	S= 5732.6899 Z= 160.4617 R = -2500.00	32.478		
			5948.609	151.137
D6	PENTE= -8.637 %	1151.163	7099.772	51.714
LONGUEUR DE L'AXE 7099.772				

Le 05/09/2020 à 11:56 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 1570
evitement de la ville de boumerdes

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	545463.780	4066459.680
D1	GIS = 49.998g	157.965			
			157.965	545575.474	4066571.381
L1	A = 50.000 Rf= 125.000 L = 20.000				
			177.965	545589.230	4066585.892
	XC= 545494.059 YC= 4066666.931 R = 125.000 L = 94.430				
			272.394	545618.902	4066673.187
	Rd= 125.000 A = 50.000 L = 20.000	134.430			
			292.394	545616.838	4066693.075
D2	GIS = 391.719g	195.355			
			487.750	545591.500	4066886.780
L2	A = 50.000 Rf= 125.000 L = 20.000				
			507.750	545588.379	4066906.529
	XC= 545466.127 YC= 4066880.463 R = 125.000 L = 64.474				
			572.224	545559.617	4066963.435
	Rd= 125.000 A = 50.000 L = 20.000	104.474			
			592.224	545545.567	4066977.661
D3	GIS = 348.697g	155.138			
			747.361	545433.647	4067085.092
L3	A = 50.000 Rf= -125.000 L = 20.000				
			767.361	545419.596	4067099.318
	XC= 545513.087 YC= 4067182.290 R = -125.000 L = 21.013				
			788.374	545407.032	4067116.129
	Rd= -125.000 A = 50.000 L = 20.000	61.013			
			808.374	545397.369	4067133.633
D4	GIS = 369.585g	260.867			
			1069.240	545277.424	4067365.290
L4	A = 150.000				

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	Rf= -1000.000 L = 22.500				
			1091.740	545267.154	4067385.309
	XC= 546160.297 YC= 4067835.082 R = -1000.000 L = 114.396				
			1206.137	545221.652	4067490.198
	Rd= -1000.000 A = 150.000 L = 22.500	159.396			
			1228.637	545214.050	4067511.375
D5	GIS = 378.300g	133.469			
			1362.106	545169.431	4067637.165
L5	A = 50.000 Rf= -125.000 L = 20.000				
			1382.106	545163.252	4067656.180
	XC= 545284.023 YC= 4067688.420 R = -125.000 L = 123.370				
			1505.476	545190.552	4067771.415
	Rd= -125.000 A = 50.000 L = 20.000	163.370			
			1525.476	545204.605	4067785.637
D6	GIS = 51.318g	128.841			
			1654.317	545297.576	4067874.836
L6	A = 50.000 Rf= -125.000 L = 20.000				
			1674.317	545312.367	4067888.289
	XC= 545391.422 YC= 4067791.463 R = -125.000 L = 79.374				
			1753.691	545385.212	4067916.308
	Rd= -125.000 A = 50.000 L = 20.000	119.374			
			1773.691	545405.206	4067916.236
D7	GIS = 101.928g	433.473			
			2207.164	545838.480	4067903.107
L7	A = 100.000 Rf= 250.000 L = 40.000				
			2247.164	545878.468	4067902.962
	XC= 545866.047				

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	YC= 4068152.653 R = 250.000 L = 17.872				
			2265.036	545896.271	4067904.487
	Rd= 250.000 A = 100.000 L = 40.000	97.872			
			2305.036	545935.652	4067911.431
D8	GIS = 87.192g	244.914			
			2549.950	546175.626	4067960.374
L8	A = 100.000 Rf= -250.000 L = 40.000				
			2589.950	546215.007	4067967.318
	XC= 546245.231 YC= 4067719.152 R = -250.000 L = 171.874				
			2761.824	546379.360	4067930.125
	Rd= -250.000 A = 100.000 L = 40.000	251.874			
			2801.824	546411.914	4067906.902
D9	GIS = 141.145g	146.676			
			2948.500	546529.008	4067818.568
L9	A = 100.000 Rf= 250.000 L = 40.000				
			2988.500	546561.563	4067795.345
	XC= 546695.691 YC= 4068006.318 R = 250.000 L = 138.588				
			3127.088	546692.704	4067756.336
	Rd= 250.000 A = 100.000 L = 40.000	218.588			
			3167.088	546732.658	4067757.990
D10	GIS = 95.668g	148.942			
			3316.030	546881.256	4067768.118
L10	A = 100.000 Rf= -250.000 L = 40.000				
			3356.030	546921.210	4067769.773
	XC= 546918.223 YC= 4067519.791 R = -250.000 L = 23.762				
			3379.792	546944.921	4067768.361

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	Rd= -250.000 A = 100.000 L = 40.000	103.762			
			3419.792	546984.397	4067761.977
D11	GIS = 111.905g	179.221			
			3599.013	547160.494	4067728.658
L11	A = 50.000 Rf= 125.000 L = 20.000				
			3619.013	547180.232	4067725.466
	XC= 547193.581 YC= 4067849.751 R = 125.000 L = 138.184				
			3757.198	547298.662	4067782.053
	Rd= 125.000 A = 50.000 L = 20.000	178.184			
			3777.198	547308.579	4067799.415
D12	GIS = 31.342g	180.201			
			3957.398	547393.755	4067958.215
L12	A = 100.000 Rf= 250.000 L = 40.000				
			3997.398	547411.710	4067993.946
	XC= 547182.661 YC= 4068094.130 R = 250.000 L = 89.034				
			4086.433	547432.267	4068080.092
	Rd= 250.000 A = 100.000 L = 40.000	169.034			
			4126.433	547432.381	4068120.080
D13	GIS = 398.484g	189.624			
			4316.056	547427.864	4068309.650
L13	A = 100.000 Rf= -250.000 L = 40.000				
			4356.056	547427.978	4068349.638
	XC= 547677.584 YC= 4068335.600 R = -250.000 L = 107.269				
			4463.326	547456.445	4068452.210
	Rd= -250.000 A = 100.000 L = 40.000	187.269			
			4503.326	547476.957	4068486.537

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
D14	GIS = 35.985g	94.951			
			4598.277	547527.816	4068566.719
L14	A = 50.000 Rf= 125.000 L = 20.000				
			4618.277	547538.071	4068583.883
	XC= 547427.502 YC= 4068642.187 R = 125.000 L = 96.675				
			4714.952	547547.349	4068677.709
	Rd= 125.000 A = 50.000 L = 20.000	136.675			
			4734.952	547540.653	4068696.549
D15	GIS = 376.563g	142.559			
			4877.511	547489.349	4068829.556
L15	A = 50.000 Rf= -125.000 L = 20.000				
			4897.511	547482.653	4068848.396
	XC= 547602.500 YC= 4068883.917 R = -125.000 L = 65.052				
			4962.563	547480.856	4068912.691
	Rd= -125.000 A = 50.000 L = 20.000	105.052			
			4982.563	547486.490	4068931.876
D16	GIS = 19.880g	281.181			
			5263.744	547572.875	4069199.458
L16	A = 150.000 Rf= 400.000 L = 56.250				
			5319.994	547588.894	4069253.366
	XC= 547200.546 YC= 4069349.209 R = 400.000 L = 3.323				
			5323.317	547589.677	4069256.595
	Rd= 400.000 A = 150.000 L = 56.250	115.823			
			5379.567	547600.120	4069311.855
D17	GIS = 10.399g	189.651			
			5569.219	547630.960	4069498.982
L17	A = 100.000 Rf= -250.000				

AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	L = 40.000				
			5609.219	547638.513	4069538.251
	XC= 547881.147 YC= 4069478.014 R = -250.000 L = 116.355				
			5725.573	547691.355	4069640.737
	Rd= -250.000 A = 100.000 L = 40.000	196.355			
			5765.573	547718.965	4069669.665
D18	GIS = 50.214g	623.202			
			6388.776	548161.115	4070108.850
L18	A = 100.000 Rf= 250.000 L = 40.000				
			6428.776	548188.725	4070137.778
	XC= 547998.933 YC= 4070300.501 R = 250.000 L = 14.577				
			6443.352	548197.885	4070149.114
	Rd= 250.000 A = 100.000 L = 40.000	94.577			
			6483.352	548220.369	4070182.183
D19	GIS = 36.316g	317.068			
			6800.420	548391.590	4070449.045
L19	A = 50.000 Rf= 125.000 L = 20.000				
			6820.420	548401.935	4070466.155
	XC= 548291.670 YC= 4070525.034 R = 125.000 L = 84.302				
			6904.722	548414.561	4070547.899
	Rd= 125.000 A = 50.000 L = 20.000	124.302			
			6924.722	548409.861	4070567.333
D20	GIS = 383.196g	175.050			
			7099.772	548364.190	4070736.320
LONGUEUR DE L'AXE 7099.772					