

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2020



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2020

Mémoire de Master

Filière : TRAVAUX PUBLICS

Spécialité : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

**Etude Du Contournement De La Ville De
Biskra Est liaison RN83 Avec RN 03 sud**

Nom et Prénom de l'étudiant :
Djelloul Mohamed

Encadreur : Dr: REMADNA M . Saddek

Année universitaire : 2019 - 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

En premier abord, je dédie ce travail à mes chers parents, ainsi qu'à mes chers frères et sœurs, et à ma petite famille, qui ont partagé avec moi tous les moments d'inconfort et de bonheur.

En deuxième abord, je le dédie à tous mes amis et collègues, et à tous ceux qui m'ont donné leurs encouragements et leurs soutiens.

La tranche la plus importante dans ma vie c'est que j'ai connu des amis frères que je garde à jamais pour eux le bien qu'ils ont fait pour moi.

Je dédie ce modeste travail à mes amis Nouis Lazhar, Chadli Ahmed, Ayad Maram, Idir Bouzad, Aymen Elhindi.

Je tiens à remercier l'ensemble des étudiants de la PROMO VOA-2020 et aussi toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Djelloul Mohamed



Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Dr. REMADNA MOHAMED SADDEK pour sa Compétence sa patience, ses orientations et ses précieux conseils.

Merci aussi à tous les professeurs et tout le personnel administratif du département génie civil de l'université Mohamed Khider Biskra.

Nous voudrions aussi remercier les amis, qui nous ont beaucoup aidés et ont toujours été à notre côté.

Merci aussi à tous les ingénieurs et le personnel administratif de la Direction de Travaux Public de la Wilaya de Biskra qui ont contribué à notre formation.

Nous n'oublions pas les responsables de la bibliothèque qui ont beaucoup facilité notre recherche bibliographique.

Que tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre modeste travail trouvent ici nos remerciements les plus sincères.

Nos remerciements vont également à tout ceux et celles qui, de près ou de loin nous ont apporté aide et encouragement.

Djelloul Mohamed

Résumé

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons réalisé une Etude Du Contournement De La Ville De Biskra Est liaison RN83 Avec RN03 sud.

La réalisation de ce projet est d'un intérêt capital au regard du flux d'usagers traversant quotidiennement et contribue à faciliter la mobilité de la circulation sur cet axe routier. L'étude d'aménagement de ce projet a été faite selon les normes B40 et ARP, de sorte que, après une étude du trafic et la détermination de la capacité de la route, nous avons conçu et calculé le tracé géométrique de la route (11.5 kms), et dimensionné le corps de chaussée par deux méthodes, à savoir, méthode CBR et méthode du catalogue des chaussées.

La présente étude inclut aussi le calcul des cubatures de terrassement, l'assainissement routier, les carrefours, la signalisation, et l'éclairage.

Mots-clés: étude de dédoublement, normes B40, conception géométrique, CBR, Catalogue, carrefour giratoire.

Sommaire

I- PRESENTATION DU PROJET

| | |
|--|----|
| I.1-INTRODUCTION : | 02 |
| I.2-LOCALISATION ET DESCRIPTION DU PROJET : | 02 |
| 1.3- OBJECTIF DU PROJET : | 03 |
| I.4- RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA : | 05 |
| I.4.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE : | 05 |
| I.4.2- LE RELIEF : | 05 |
| I.4.3-LE CLIMAT : | 06 |
| I.4.4-GEOLOGIE: | 06 |
| I.4.5-TEMPERATURE: | 06 |
| I.4.6- HYDROGRAPHIE : | 06 |
| I.5- PRESENTATION DU SECTEUR: | 06 |
| I.5.1-RESEAU ROUTIER : | 06 |
| I.5.2-RESEAU FERROVIAIRE : | 07 |
| I.5.3-RESEAU AEROPORTUAIRE: | 07 |
| I.5.3.1- REPARTITION DES PROJETS D'INVESTISSEMENTS DECLARES PAR SECTEUR D'ACTIVITE : | 07 |

II- PARAMETRES DE BASE

| | |
|--|----|
| II.1- CARACTERISTIQUES DU PROJET : | 10 |
| II.1. a- LA CATEGORIE DE LA ROUTE : | 10 |
| II.1. b- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE : | 10 |
| II.2-VITESSE DE BASE (VITESSE DE REFERENCE) : | 12 |
| II.3-PARAMETRES CINEMATIQUES : | 12 |
| II.3.1-HAUTEUR DE L'ŒIL ET DES OBSTACLES : | 12 |
| II.3.2- TEMPS DE PERCEPTION-REACTION : | 13 |
| II.3.3-LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL f_l : | 13 |
| II.3.4-LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL f_t : | 14 |
| II.3.5-DISTANCE DE FREINAGE d_0 : | 14 |
| II.3.5- LA DISTANCE D'ARRET d_1 : | 14 |
| II.3.6-LA DISTANCE D'ARRET EN COURBE d_2 : | 15 |

III - ETUDE DE TRAFIC

| | |
|--|----|
| III.1- INTRODUCTION : | 16 |
| III.2-ANALYSE TRAFIC : | 16 |
| III.2.1- QUANTIFICATION DES TRAFICS : | 16 |
| 1. Les comptages : | 16 |
| 2. Les enquêtes : | 16 |
| III.3- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS : | 16 |
| III.3. A- TRAFIC NORMAL : | 16 |
| III.3. B-TRAFIC DEVIE : | 16 |
| III.3. C- TRAFIC INDUIT : | 17 |
| III.3. D- TRAFIC TOTAL : | 17 |
| III.4- MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC : | 17 |
| III.4.1- PROLONGATION DE L'EVOLUTION PASSEE : | 17 |
| III.4.2- CORRELATION ENTRE LE TRAFIC ET DES PARAMETRES ECONOMIQUES..... | 17 |
| III.4.3- MODELE GRAVITAIRE : | 18 |
| III.4.4- MODELE DE FACTEUR DE CROISSANCE : | 18 |
| III.5- CALCUL DE LA CAPACITE : | 18 |
| III.6- PROCEDURE DE DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIS : | 19 |
| III.6.1-LE TRAFIC MOYEN JOURNALIER ANNUEL TJMA (V/J) : | 19 |
| III.6.2-LE TRAFIC A UN HORIZON DONNE : | 19 |
| III.6.3- LE TRAFIC EFFECTIF (T_{eff}) : | 19 |
| III.6.4-DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL : | 20 |
| III.6.5- DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE : | 20 |
| III.6.6-DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIE : | 21 |
| III.7- APPLICATION AU PROJET : | 21 |
| III.7.1- LES DONNEES DE TRAFICS : | 21 |
| III.7.2- HYPOTHESES DE CALCUL : | 22 |
| III.7.3- DETERMINATION DE NOMBRE DES VOIES : | 22 |

IV- DIMENSIONNEMENT DUCORPS DE CHAUSSEE

| | |
|---------------------|----|
| IV.1-INTRODUCTION : | 25 |
|---------------------|----|

LA CHAUSSEE

| | |
|-------------------|----|
| IV.2-DEFINITION : | 26 |
|-------------------|----|

| | |
|---|-----------|
| IV.3-CLASSIFICATION DES CHAUSSEES : | 26 |
| IV.4-LES DIFFERENTS FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT : | 29 |
| IV.5-METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE : | 30 |
| IV.5.1-LES METHODES THEORIQUES : | 30 |
| IV.5.2-LES METHODES EMPIRIQUES (CLASSIQUES) : | 30 |
| IV.5.3-LES METHODES SEMI-EMPIRIQUES : | 31 |
| IV.6-APPLICATION PROJET : | 37 |
| IV.6.1-Méthode CBR : | 37 |
| IV.6.2-METHODE DE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES : | 38 |
| IV.6.3-LES DONNEES CLIMATIQUES : | 39 |
| IV.7-CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANTES DE LA CHAUSSEE : | 39 |
| IV.7.1.VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT: | 40 |
| IV.7.2. CALCUL DU TRAFIC CUMULE DE POIDS LOURD (TCI) : | 41 |
| IV.7.3. CALCUL DU TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (TCEI) : | 41 |
| IV.7.4. CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE AU NIVEAU DU SOL SUPPORT : | 41 |
| IV.7.5. CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX : | 41 |
| IV.7.6- RESULTATS DE CALCUL PAR ALIZE III LCPC : | 43 |
| IV.7.8. Conclusion : | 44 |

V- ETUDE GEOMETRIQUE

| | |
|--|-----------|
| I. LEVE TOPOGRAPHIQUE : | 45 |
| II. TRACE EN PLAN : | 46 |
| 1. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN : | 46 |
| 2. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN : | 46 |
| 3. VISIBILITE MASQUEE DANS UNE SINUOSITE : | 51 |
| 4. LES COURBES DE RACCORDEMENT : | 52 |
| 4-1 - ROLE ET NECESSITE DES COURBES DE RACCORDEMENT : | 52 |
| 4-2 - TYPES DE COURBE DE RACCORDEMENT : | 52 |
| 4-2-1. LEMNISCATE : | 53 |
| 4-2-2. CLOTHOÏDE : | 53 |

| | |
|---|-----------|
| 5- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT : | 54 |
| 5.1 CONDITION DE CONFORT OPTIQUE : | 54 |
| 5.2 CONDITION DE CONFORT DYNAMIQUE : | 54 |
| 5.3 CONDITION DE GAUCHISSEMENT : | 55 |
| 6 COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN: | 55 |
| 6.1 COURBE EN S: | 55 |
| 6.2 COURBE A SOMMET : | 56 |
| 6.3 COURBE EN C: | 56 |
| 6.4 COURBE ENOUE: | 56 |
| 7- NOTION DE DEVERS : | 57 |
| 8- LA VITESSE DE REFERENCE (DE BASE) : | 58 |
| 8-1-CHOIX DE LA VITESSE DE REFERENCE : | 58 |
| 8-2-VITESSE DE PROJET : | 58 |

PROFIL EN LONG

| | |
|---|-----------|
| 1. DEFINITION : | 59 |
| 2. REGLE A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG : | 59 |
| 3. LES ELEMENTS DE LA COMPOSITION DU PROFIL EN LONG : | 60 |
| 4. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG : | 60 |
| 5. DECLIVITE : | 60 |
| 6. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG : | 61 |

PROFIL EN TRAVERS

| | |
|---|-----------|
| 1. DEFINITION : | 65 |
| 2. DIFFERENT TYPE DE PROFILS EN TRAVERS : | 65 |
| 3. LES ELEMENTS DE COMPOSITION DES PROFILS EN TRAVERS: | 65 |
| 4. PROFIL EN TRAVERS DE NOTRE PROJET: | 67 |

CUBATURE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION : | 70 |
| 2. DEFINITION : | 70 |
| 3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES : | 70 |
| 3.1.Description de la méthode : | 70 |
| 4. Méthode classique : | 72 |

VI- PROGRAMME GEOTECHNIQUE

| | |
|--|----|
| 1- INTRODUCTION :..... | 73 |
| 2- BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :..... | 73 |
| 3- RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :..... | 74 |
| 3-1-LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :..... | 74 |
| 3-2- L'ETUDE DES ARCHIVES ET DOCUMENTS EXISTANTS :..... | 74 |
| 3-3- LES VISITES SUR SITE ET LES ESSAIS « IN-SITU » :..... | 74 |
| 3-3-1- LA RECONNAISSANCE « IN-SITU » :..... | 74 |
| 4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :..... | 76 |
| 4-1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :..... | 76 |
| 4-2- LES ESSAIS MECANIQUES :..... | 76 |
| 4-3- LES ESSAIS SUR LES BITUMES :..... | 76 |
| 5- APPLICATION A NOTRE PROJET :..... | 92 |
| 6- CONCLUSION :..... | 93 |

VII - ETUDE HYDROLOGIQUE

| | |
|--|----|
| 1- INTRODUCTION :..... | 94 |
| 1.2. METHODOLOGIE A SUIVRE :..... | 94 |
| 1.3. DIMENSIONNEMENT :..... | 94 |
| 2. ASSAINISSEMENT :..... | 94 |
| 2.1. INTRODUCTION :..... | 94 |
| 2.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :..... | 95 |
| 2.3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE :..... | 95 |
| 2.4. DÉFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUES :..... | 96 |
| 2.4.1. BASSIN VERSANT :..... | 96 |
| 2.4.2. COLLECTEUR PRINCIPAL (CANALISATION) :..... | 97 |
| 2.4.3. SACS :..... | 97 |
| 2.4.4. GRILLE D'INTRODUCTION :..... | 97 |
| 2.4.5. FOSSES DE CRETES :..... | 97 |
| 2.4.6. DESCENTE D'EAU :..... | 97 |
| 2.4.7. LE REGARD :..... | 97 |
| 2.4.8.NATURE ET ROLE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT ROUTIER :..... | 97 |
| 3. ETUDE HYDROLOGIQUE :..... | 98 |
| 3.1.COLLECTE DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES :..... | 98 |

| | |
|--|-----|
| 3.2. COLLECTE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES :..... | 99 |
| 3.3.TRAITEMENT CARTOGRAPHIQUE :..... | 99 |
| 3.4.ESTIMATION DU TEMPS DE CONCENTRATION :..... | 101 |
| 3.5.ESTIMATION DU TEMPS DE BASE DE LA CRUE :..... | 101 |
| 3.6.ESTIMATION DES PLUIES DE COURTE DUREE :..... | 102 |
| 3.7.ESTIMATION DES LAMES RUISSELEES :..... | 103 |
| 3.8.ESTIMATIONS DES DEBITS MAXIMA DE FREQUENCES DONNEES :..... | 104 |
| 3.9. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVERTURES :..... | 106 |
| 3.9. 1. DIMENSIONNEMENT DE FOSSES :..... | 106 |
| 3.9. 2. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :..... | 107 |
| 3.9. 3. DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :..... | 107 |

ETUDE ET DIMENSIONNEMENTS DES PONTS

| | |
|--|-----|
| 1- GENERALITES SUR LES PONTS :..... | 109 |
| 2- PONTS COURANTS :..... | 109 |
| 3- CLASSIFICATION DES PONTS :..... | 110 |
| 3.1. SELON LA FONCTION DU PONT :..... | 110 |
| 3.2. SELON LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION :..... | 111 |
| 3.3. SELON LA NATURE DES ELEMENTS PORTEURS :..... | 111 |
| 3.4. SELON LA POSITION EN PLAN :..... | 112 |
| 1. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN PONT :..... | 112 |
| 4.1. TABLIER : | 112 |
| 4.1.2. APPUIS : | 112 |
| 4.1.3. FONDATION | 112 |
| 4.2. DONNEES NECESSAIRES POUR UN PROJET DE PONT : | 112 |
| 4.2.1. DONNEES FONCTIONNELLES :..... | 113 |
| 4.2.2. DONNEES NATURELLES :..... | 113 |
| 4.2.2.1. DONNEES GEOTECHNIQUES : | 113 |
| 4.2.2.2. DONNEES HYDRAULIQUES : | 113 |
| PRÉDIMENSIONNEMENT DES VARIANTES :..... | 114 |
| 5.1. PONT A POUTRES EN BETON PRECONTRAINTE PAR POST-TENSION (VARIANTE N°1) :..... | 114 |
| 5.1.1. AVANTAGES :..... | 114 |
| 5.1.2. INCONVENIENTS :..... | 115 |
| 5.1.3. CONCEPTION DE L'OUVRAGE :..... | 115 |

| | |
|--|-----|
| 5.2. PONT DALLE EN BETON ARME (VARIANTE N°2) :..... | 115 |
| 5.2.1. AVANTAGES :..... | 115 |
| 5.2.2. INCONVENIENTS :..... | 115 |
| 5.2.3. CONCEPTION DE L'OUVRAGE :..... | 115 |
| 5.3. PONT MIXTE : VARIANTE N°3..... | 116 |
| 5.3.1. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :..... | 116 |
| 5.3.2. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES :..... | 116 |
| 6- CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE (ANALYSE MULTICRITÈRES) :..... | 116 |
| 7- CHARGES ET SURCHARGES :..... | 117 |
| 8- EQUIPEMENTS DU PONT :..... | 120 |
| 8.1. LES JOINTS DE CHAUSSÉE :..... | 120 |
| 8.2. LES APPAREILS D'APPUIS :..... | 120 |
| 8.3. GARD CORPS :..... | 120 |
| 4. LES GLISSIERES DE SECURITES :..... | 120 |
| VIII - SIGNALISATION ET ECLAIRAGE ET GLISSIERES DE SECURITE | |
| 1. SIGNALISATION :..... | 123 |
| 1.1 INTRODUCTION :..... | 123 |
| 1.2 L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE : | 123 |
| 1.3. CATEGORIES DE SIGNALISATION : | 123 |
| 1.4. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION : | 123 |
| 1.5. TYPES DE SIGNALISATION : | 123 |
| 1.5.1 SIGNALISATION VERTICALE : | 123 |
| 1.5.2 SIGNALISATION HORIZONTALE: | 124 |
| 1.5.3. MARQUAGE TRANSVERSAL : | 125 |
| 2. ECLAIRAGE :..... | 127 |
| 2.1. INTRODUCTION : | 127 |
| 2.2. CATEGORIES D'ECLAIRAGE : | 127 |
| 2.3. PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES : | 127 |
| 3. GLISSIERES DE SECURITE :..... | 128 |
| 3.1 .DEFINITION:..... | 128 |
| 3.2. LA MURETTE DE PROTECTION EN BETON ARME :..... | 128 |

IX - AMENAGEMENT DE CARREFOUR

| | |
|--|------------|
| 1- DEFINITION: | 130 |
| 2- PRINCIPES GENERAUX DECONCEPTION : | 130 |
| 2.1- VISIBILITE : | 130 |
| 2.2- VITESSE : | 130 |
| 2.3- SECURITE : | 130 |
| 2.4- SIMPLICITE : | 130 |
| 2.5- SELECTIVITES : | 130 |
| 2.6- SIGNALISATION: | 131 |
| 3- DETERMINATION DES CARRACTERISTIQUES GEOMETRIQUES..... | 131 |
| AU CARREFOUR: | 131 |
| 3.1- TRIANGLE DE VISIBILITE : | 131 |
| 3.2- LA VITESSE D'APPROCHE : | 132 |
| 3.3- LES ILOTS : | 132 |
| 3.4 - TYPES DES CARREFOURS: | 132 |
| 3.4.1- CARREFOURS DENIVELES (ECHANGEURS): | 132 |
| 3.4.2 - CARREFOURS PLANS : | 132 |
| 3.4.2.1- CARREFOURS PLANS ORDINAIRES : | 132 |
| 3.4.2.1.1- CARREFOURS EN (T) : | 133 |
| 3.4.2.1.2) CARREFOUR EN (Y) : | 133 |
| 3.4.2.1.3) CARREFOUR EN CROIX (X) : | 133 |
| 3.4.2.2- CARREFOURS A SENS GIRATOIRE : | 134 |
| 4- SIGNALISATION DU CARREFOUR : | 134 |
| 5- LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE..... | 135 |
| 5.1- AVANTAGES : | 135 |
| 5.2- INCONVENIENTS : | 135 |

X - IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

| | |
|--|------------|
| 1- INTRODUCTION : | 137 |
| 2- CADRE JURIDIQUE : | 137 |
| 3- OBJECTIFS : | 137 |
| 4- L'IMPACT SUR L'AGRICULTURE : | 138 |
| 4.1. LES IMPACTS : | 138 |
| 4.2. LES REMEDES | 138 |

| | |
|--|------------|
| 5- L'IMPACT SUR LA NATURE : | 138 |
| 5.1. LA FAUNE : | 138 |
| 5.2. LA FLORE : | 139 |
| 5.3. L'EAU : | 139 |
| 6- L'IMPACT SUR LES HABITANTS : | 139 |
| 6.1. LA DESTRUCTION : | 139 |
| 6.2. LE BRUIT : | 140 |
| 7- CONCLUSION : | 140 |

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

Tableau I.1: Source Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2015....08

CHAPITRE II

Tableau II.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne.....12

Tableau II.2 : Classification de la sinuosité moyenne.....12

Tableau II.3 : Environnement de la route Ei12

Tableau II.4: valeurs des vitesses de base selon B4013

Tableau II.5 : hauteur de l'œil et des obstacles.....14

Tableau II.6: temps de perception-réaction.....14

Tableau II.7 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B4016

CHAPITRE III

Tableau III.1 : coefficient d'équivalence (pl/uvp).....21

Tableau III.2 : valeurs de K_1 selon la classe de l'environnement.....21

Tableau III.3 : valeurs de K_2 selon l'environnement et la catégorie de la route.....21

Tableau III.4 : valeur de capacité théorique C_{th}22

Tableau III.5 : les résultats du comptage de trafic en 2015.....23

Tableau III.6 : récapitulatif des résultats de notre projet.....25

CHAPITRE IV

Tableau. IV.1: les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé.....34

Tableau IV.2 : classe de portance des sols.....37

Tableau IV.3 : classification climatique.....37

Tableau IV.4 : classe de sols support selon le module E.....37

Tableau IV.5- : Amélioration de la portance du sol support.....38

Tableau IV.6: La classe de trafic.....40

Tableau IV.7 : récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée.....42

Tableau IV.8 : Températures équivalents Θ_{eq}42

Tableau IV.9: Risque adoptés pour réseau RP1.....42

Tableau IV.10: valeurs de $t = f(r\%)$43

Tableau IV.11: Valeurs du coefficient d'agressivité A.....43

Tableau IV.12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....43

Tableau IV.13: Tableau de Modélisation45

Tableau IV.14: Les résultats de la méthode retenue46

CHAPITRE V

| | |
|--|----|
| Tableau V.1 : Coefficient de frottement transversal..... | 52 |
| Tableau V.2 : Divers maximal..... | 52 |
| Tableau V.3: les rayons de tracé en plan..... | 53 |
| Tableau .v.4 : Déclivité maximale Selon le B40 | 64 |
| Tableau. V.5 : les rayons de profil en long..... | 67 |
| Tableau V.6 : les valeurs des différentes courbes calculés et selon le B40..... | 71 |

CHAPITRE VI

| | |
|---|----|
| Tableau VI .1. Quelques valeurs de vitesses d'ondes V_p en fonction de la nature du sol de La prospection électrique..... | 79 |
| Tableau VI .2 : La nature et la qualité du sable..... | 84 |
| Tableau VI .3 : Classification des sols selon la valeur de VBS..... | 88 |
| Tableau VI. 4 : Les caractéristiques de la dame (PN, PM)..... | 89 |
| Tableau VI.5 : Les caractéristiques de deus essai (Proctor normal, Proctor modifie)..... | 90 |
| Tableau VI.6 : Détermination du nombre de boules, de la masse de la charge et du nombre de rotation en fonction de la classe granulaire..... | 93 |
| Tableau VI.7 : Détermination de type de granulat en fonction du coefficient de los angles..... | 94 |
| Tableau VI.8: Classification la portance du sol..... | 97 |

CHAPITRE VII

| | |
|---|-----|
| Tableau VII.1 : Principales caractéristiques des sous-bassins objet de l'étude..... | 104 |
| Tableau.VII.2 : Les constantes de Gauss pour déférent fréquence..... | 107 |
| Tableau.VII.3 : Les pluies de courte durée pour différentes fréquences..... | 107 |
| Tableau VII.4 : Le ruissellement pour différentes fréquences..... | 108 |
| Tableau VII.5 : quantités de débits max..... | 110 |
| Tableau VII.6 : caractéristiques physiques des bassins versants et dimension d'ouvrages..... | 112 |
| Tableau VII.7 : Critères de conception des dalots et buses..... | 112 |
| Tableau VII. 8: Analyse multicritères | 121 |
| Tableau VII.9 Classe de pont..... | 122 |
| Tableau VII.10 : Valeur de Coefficient a_1 | 122 |
| Tableau VII.11 : Les valeurs de V_0 | 122 |
| Tableau.VII.12 : Les valeurs du coefficient B_c | 123 |
| Tableau VII.13: Les valeurs du coefficient b_t | 123 |

CHAPITRE VIII

Tableau .VIII.1 : modulations des lignes discontinues.....131

CHAPITRE IX

Tableau .IX.1 : vitesse de référence selon B40.....138

Tableau IX.2. Les caractéristiques géométriques du carrefour.....142

Tableau XI.3 : récapitulatif des différents paramètres de construction des.....142

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

| | |
|--|----|
| Figure I.1. Site géographique de projet..... | 03 |
| Figure 1.2: Début de projet | 04 |
| Figure1.3 : Fin de projet | 04 |
| Figure 1.4 : Situation de Projet | 04 |
| Figure 1.5. Limites administratives de la ville de Biskra..... | 05 |
| Figure 1.6: Réseau routier La wilaya de Biskra..... | 07 |
| Figure 1.7. Réseau routier de la wilaya de Biskra (début et fin de projet)..... | 08 |
| Figure I.8 - Site de projet..... | 08 |

La Topographie

| | |
|--|----|
| relief parfaitement plat | 08 |
| Pylônes électriques de haute et moyenne tension..... | 08 |
| relief parfaitement plat | 09 |
| Pylônes électriques de haute et moyenne tension..... | 09 |
| Palmeraies au bord de la piste existante | 09 |
| piste existante..... | 09 |
| Relief parfaitement plat et arbuste Terfa... .. | 09 |
| terrain sableux..... | 09 |

CHAPITRE III

| | |
|---|----|
| Figure 3.1 – Repérage des points de comptage | 22 |
|---|----|

CHAPITRE IV

| | |
|--|----|
| Figure4.1 : les différentes couches de la chaussée..... | 28 |
| Figure 4.2 : Structure type d'une chaussée souple..... | 28 |
| Figure 4.3 : Structure type d'une chaussée rigide..... | 28 |
| Figure 4.4 : types de chaussées..... | 29 |
| Figure 4.5 : la démarche de catalogue..... | 33 |
| Figure 4.6 : Classes TPLi..... | 35 |
| Figure4.7 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue..... | 39 |
| Figure 4.8 : L'épaisseur choisie par catalogue..... | 40 |
| Figure 4. 9: résultats de la simulation | 44 |

CHAPITRE V

| | |
|---|----|
| Figure. 5.1 : .Exemple sur levé topographique..... | 45 |
| figure.5.2 :les éléments de tracé en plan | 46 |
| Figure .5.3: Force centrifuge | 48 |
| Figure 5.4 : Zone de dérasement..... | 51 |
| Figure 5.5 : Courbe de raccordement parabole cubique | 52 |
| Figure 5.6 : Courbe de raccordement clothoïde..... | 53 |
| Figure.5.7 : .Courbe en S..... | 55 |
| Figure.5.8 :Courbe à sommet..... | 56 |
| Figure 5.9 :Courbe en C | 56 |
| Figure5.10 : CourbeenOve..... | 56 |
| Figure 5.11 :Elément de profil en long..... | 59 |
| Figure 5.12 : Elément géométrique de profil en long..... | 61 |
| Figure.5.13 : visibilité en raccordement concaves..... | 63 |
| Figure 5.14 : les éléments de profil en travers..... | 65 |
| Figure.5.15 :. Les sections des profils en travers d'un tracé donné..... | 71 |
| Figure.5.16 :.profil en long cas mixte avec profil fictif..... | 71 |

CHAPITRE VI

| | |
|---|----|
| Figure 6.1 : différente couche de corps de chaussée..... | 73 |
| Figure 6.2: Méthode de l'éprouvette | 78 |
| Figure 6.3 : Les phases de l'essai d'équivalente de sable..... | 79 |
| Figure 6.4: les phases de l'essai analyse granulométrique..... | 81 |
| Figure 6. 5 :Appareillage de mesure de VBS..... | 83 |
| Figure 6.6: les phases de l'essai Proctor | 85 |
| Figure 6.7 : les phases de l'essai CBR..... | 87 |
| Figure6. 8: les phases de l'essai de LOS ANGELOS..... | 89 |
| Figure 6.9: les phases de l'essai MICRO-DEVEL | 90 |

CHAPITRE VII

| | |
|---|-----|
| Figure7.1 : Assainissement de chaussée..... | 98 |
| Figure7. 2 : Carte du réseau hydrographique de Biskra | 98 |
| Figure7.3 : Température et pluviométrie de Biskra Diagramme climatique | 99 |
| Figure7. 4 : découpage des bassins versants..... | 100 |
| Figure 7. 5 : découpage des principaux bassins versants..... | 100 |
| Figure.7.6 : Fossé trapézoïdal..... | 106 |
| Figure.7.7 :Schémad'un buse..... | 107 |
| Figure.7.8 : Schéma d'un dalot..... | 107 |

| | |
|--|-----|
| Figure7.9 : Pont-avion à l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle..... | 111 |
| Figure . Pont canal..... | 111 |
| Figure 7.10 :Pont à poutres à travées indépendantes en béton armé | 112 |
| Figure 7.11 : Pont à poutres à travées indépendantes en béton précontraint..... | 112 |
| Figure.7.12 : Le système Bc..... | 118 |
| Figure 7.13 : Le système Bt | 119 |
| Figure 7.14 : Le système Br..... | 119 |
| Figure 7.15 : Surcharge Mc120..... | 120 |
| Figure7.16 : joint de chaussée FT150-Freyssine | 120 |
| Figure 7.17 : Appareil d'appui en élastomère fretté..... | 120 |
| Figure 7.18 :Garde corps..... | 121 |
| Figure 7.19 : Une glissière de sécurité | 121 |

CHAPITRE VIII

| | |
|---|-----|
| Figure 8.1 : Signalisation Verticale..... | 125 |
| Figure 8.2 : les lignes « continue et discontinue »..... | 126 |
| Figure 8.3 : Flèches « rabattement et sélection »..... | 127 |
| Figure 8.4 : éclairage composé et simple..... | 134 |
| Figure 8.5 :Séparateur en béton | 129 |
| Figure 8.6 :Glissière de sécurité | 130 |

CHAPITRE IX

| | |
|---|-----|
| Figure 9 .1 : Triangle de visibilité..... | 132 |
| Figure 9 .2 : Carrefours en (T)..... | 134 |
| Figure 9 .3 : Carrefours en (Y)..... | 134 |
| Figure 9 .4 : Carrefours en (X)..... | 134 |
| Figure 9.5 : Les éléments d'un carrefour à sens giratoire..... | 135 |
| Figure 9.6 : Terminologie d'un carrefour giratoire..... | 135 |

Listes des Acronymes et Symboles

➤ Acronymes

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

RN : Route Nationale

E : Environnement

C : Catégorie

TJMA : Trafic Journalier Moyen Annuel

Uvp : Unité de véhicules particuliers

IRI : International Roughness Index

BI : BUMP INTERGRATOR

APL : Analyseur de Profil en Long

SETRA : Service d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements

BB : béton bitumineux

BC : Béton de ciment

ES : Enduit superficiel

GB : Grave bitume

GNT : Grave non traité

GL : Grave laitier

GC : Grave ciment

GT : Grave traitée

MTB : Matériaux traités au bitume

MTLH : Matériaux traités aux liants hydrauliques

MNT : Matériaux non traités

SB : Sable bitume

TVO : Tout venant d'oued

Tuf : Encroutement calcaire

RP : Réseau principal

TPC : Terre-Plein Central

BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence

BDG : Bande Dérasée de Gauche

BDD : Bande Dérasée de Droite

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

➤ **Symboles**

b : Sinuosité

ls : longueur sinueuse des courbes

τ : Taux d'accroissement annuel

Z : le pourcentage de poids lourd

P : coefficient d'équivalence

Q : débit de pointe horaire

Qadm : Débit de pointe horaire admissible

Cth : la capacité théorique

K1 : Coefficient qui dépend de l'environnement

K2 : Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route

N : Nombre de voie

Teff : Trafic effectif

Tc : trafic cumulé

T : trafic de poids lourd à l'année de mise en service

n : durée de vie

i : taux d'accroissement annulé de trafic

ft : Coefficient de frottement transversal

R : Rayon du cercle

L : longueur de la branche de Clothoïde

A : Paramètre de la Clothoïde

ΔR : Ripage

VB : Vitesse de Base

RHm : Rayon Horizontal minimal

RHN : Rayon Horizontal Normal

RHd : Rayon Horizontal au dévers

RHnd : Rayon Horizontal non déversé

dmax : Dévers maximal

dmin : Divers minimal

Δd : Variation de dévers

Imax : Pente maximale

h0 : Hauteur de l'œil

h1 : Hauteur de l'obstacle permanent

h2 : Hauteur d'obstacle

d0 : Distance de freinage

d1 : Distance d'arrêt

γ : Masse volumique

γ_d : Masse volumique sèche

γ_s : Masse volumique du solide

γ_W : Poids spécifique de l'eau

W : Teneur en eau

Sr : Degré de saturation

VBS : valeur de bleu de méthylène

Wp : Limite de plasticité

WL : limite de liquidité

Ip : L'indice de plasticité

CBR:CaliforniaBearing Ratio

OPM: Optimum Proctor Modifier

e : Epaisseur équivalente

I : Indice CBR

TCE : Trafic Cumulé Equivalent

TPL : Trafic de Poids Lourds

r : risque

$\theta_{\text{éq}}$: températures équivalentes

εz.ad : Déformation sur le sol support

εt : Déformation sur les matériaux traités au bitume

Kne : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée

Kθ : Facteur lié à la température

Kc : Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

Kr : Facteur lié au risque et aux dispersions

E (10°C) : module complexe du matériau bitumineux à 10°

δ : Facteur de dispersion

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs

Hmax : altitude maximale

Hmin : altitude minimale

Lce : longueur du thalweg

Tc : temps de concentration

S : La superficie du bassin versant

tm : temps de montée

T : temps de base de la crue

Pt, p% : La pluie durant tc de fréquence P%

Pj, p% : La pluie journalière de fréquence P%

t : la durée, heure

b : Le paramètre climatique

Pmax, j : La pluie journalière maximale moyenne

Cv : Le coefficient de variation de la pluie maximale

Up% : la constante de Gauss

RP% : lames ruisselées

P% : Coefficient de ruissellement

m : Coefficient de forme de la crue

Qs : Débit d'écoulement au point de saturation

Qa: Débit d'apport

Sm: La surface mouillée

Rh : le rayon hydraulique

Pm : Le périmètre mouillé

h : Profondeur normal

K: Coefficient de rugosité

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, à travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de **85%** du volume de transport de marchandises et de voyageurs.

C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

Ce Projet concernant à l'évitement De Biskra Est qui permettra de soulager la ville par une déviation du trafic et garantir une meilleure fluidité de la circulation des poids lourds vers le sud.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception Etude Du Contournement De La Ville De Biskra Est liaison RN83 Avec RN03 sud, d'un tronçon routier sur 11.50 km qui se situe dans la Wilaya de Biskra.

L'importance stratégique pour le réseau routier national, car elle constitue une liaison entre le Nord et le Sud.

Les différentes phases d'étude de ce projet seront présentées et discutées en détails dans la suite de notre travail.

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

PRESENTATION DU PROJET

I.1-INTRODUCTION :

La direction des travaux publics de la wilaya de Biskra – DTP - vise la réalisation d'un évitement Nord/Est de la ville de Biskra pour assurer une meilleure fluidité du trafic, aussi bien local que du transit.

L'étude de contournement de la ville de Biskra est considérée comme une action nécessaire pour assurer la fluidité du trafic important de la RN 03, qui est composé d'un pourcentage de poids lourds très élevé.

Le **croisement** du futur contournement avec la **RN87, RN31, RN83** et offre une très bonne opportunité pour alléger la nuisance du trafic dans la ville.

L'évitement est scindé en deux lots :

- **LOT 01** : ETUDE DE CONTOURNEMENT EL-ALIA BISKRA SUR 15 KM EN 2x2 VOIES
- **LOT 02** : ETUDE DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE BISKRA EST SUR 15 KM EN 2x2 VOIES.

I.2-LOCALISATION ET DESCRIPTION DU PROJET :

Le projet du contournement de la ville de **BISKRA EST** prend naissance au niveau de l'intersection RN 31 (Pk 137+500) avec le CW36 qui mène vers Sidi Khelil à l'Est de la ville de Biskra.

A son début, le couloir passe à proximité de plusieurs pylônes électriques de haute et moyenne tension. Sur les sept (07) premiers kilomètres, le couloir se dirige presque en alignement droit jusqu'à la **RN83**, traversant un relief parfaitement plat, il ne présente aucune contrainte, sauf quelques palmiers touchés avant et après la RN 83. On note la présence de plusieurs arbustes (Tarfa) dans le septième kilomètre.

Dans cette section le couloir franchit oued Chetma et la RN 83, cette dernière est bordée des deux côtés par la palmeraie, le point d'intersection est choisi de telle façon à minimiser au maximum l'impact sur la palmeraie.

Après la RN83 le couloir suit le même alignement que la section précédente sur un kilomètre. Il épouse une piste existante parfois bordée de certaines palmeraies.

A l'achèvement de la section de 1 km , Le relief traversé est parfaitement plat, sableux dans sa majeure partie, couvert d'arbuste (Tarfa), il franchit oued Sidi Zarzour (oued Biskra), et une ligne de haute tension.

1.3- OBJECTIF DU PROJET :

Le projet de contournement de la ville de Biskra par le côté Est, sur un linéaire d'environ 15 Km, est projeté sur un axe stratégique sur les plans touristique, économique et social permettant:

- L'amélioration de la sécurité et la réduction du nombre d'accident de circulation, afin de soulager la RN03 ;
- La satisfaction des besoins en matière de transport et la réduction de la congestion des routes de la région, actuellement saturé notamment au niveau du centre ville de Biskra ;
- L'augmentation du gain de temps pour les usagers ;
- La contribution au développement des activités économiques, dans le domaine commercial, industriel, agricole et touristique, une fois raccordé à la RN87, RN 31 et la RN83.

➤ Notre projet consiste à faire une étude sur :

ETUDE DE CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE BISKRA EST LIAISON RN83 avec 03 Sud.

✓ **Début de projet sur RN83 au PK 317+000**

✓ **Fin de Projet sur RN03 Sud au PK 335+000**

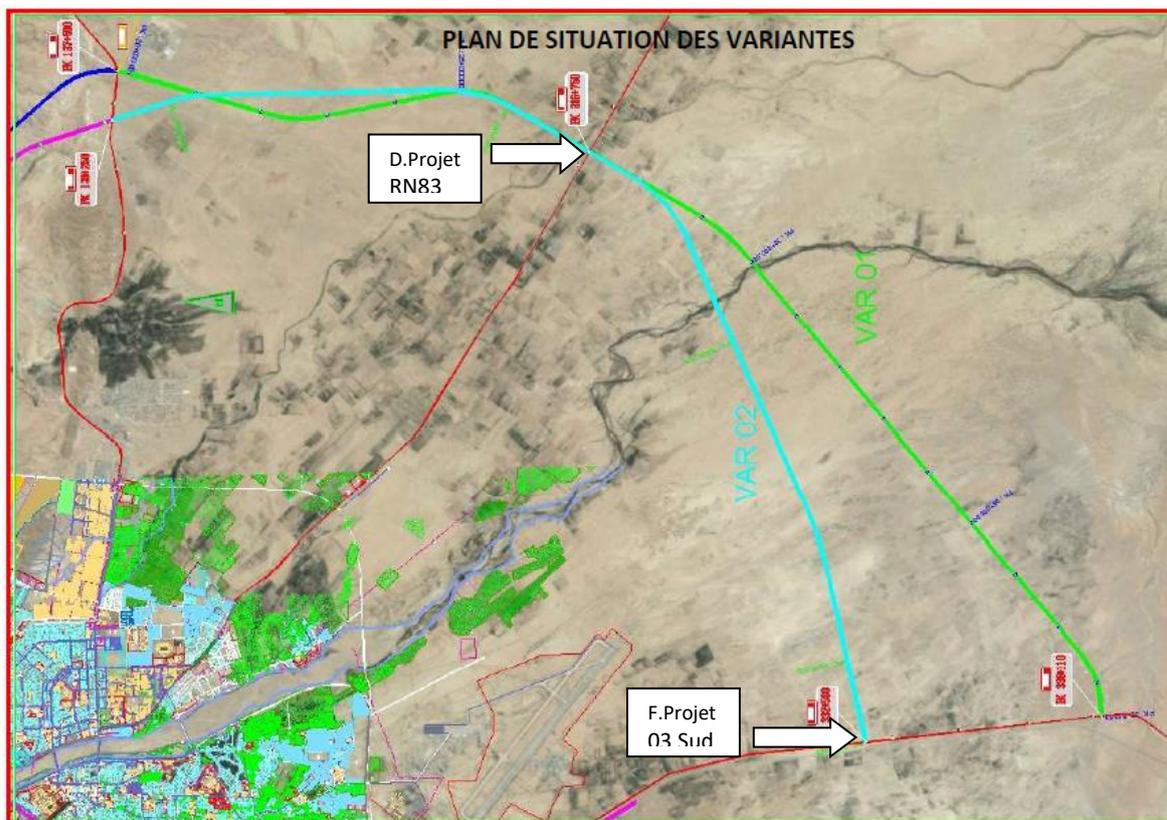


Figure 1.1. Site géographique de projet



Figure 1.2: Début de projet



Figure1.3 : Fin de projet

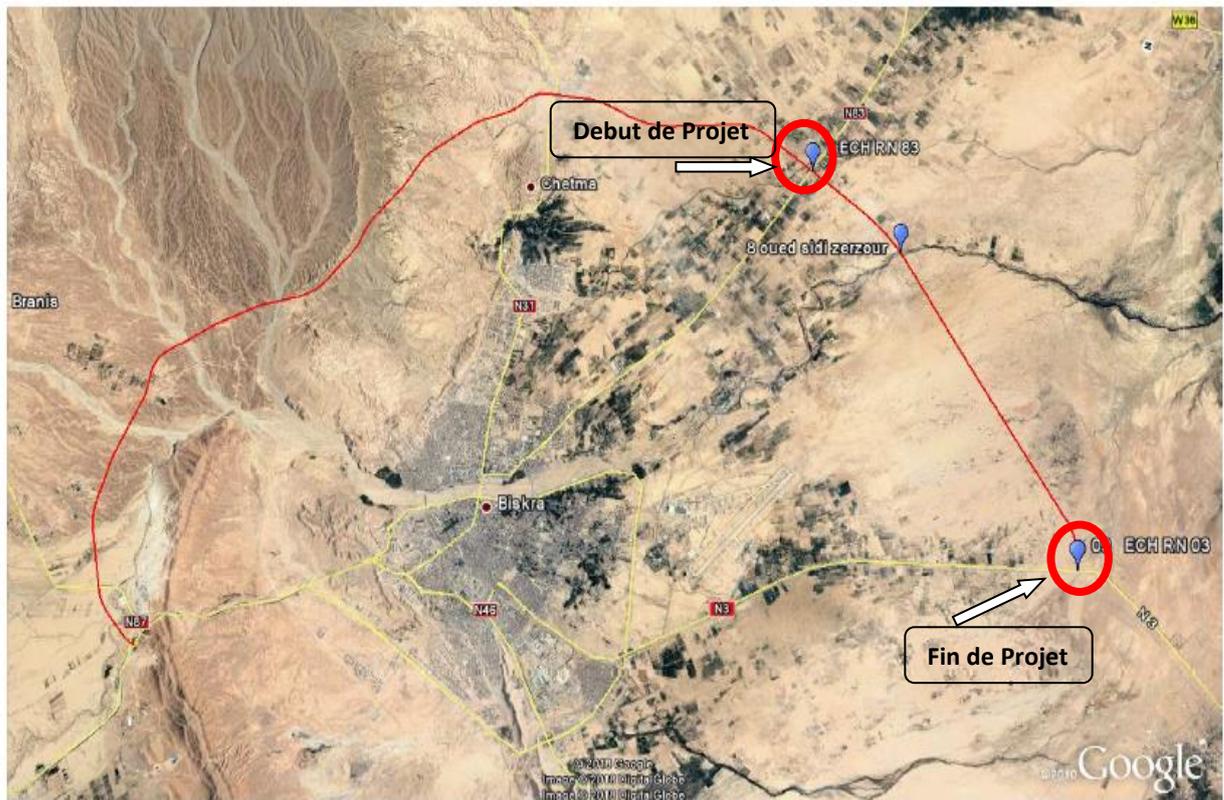


Figure 1.4 : Situation de Projet

I.4- RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA :

I.4.1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La wilaya de Biskra constitue un trait d'union phare entre le nord, le sud, et l'ouest du fait de sa situation de côté sud-est de l'Algérie.

La wilaya est située au sud - est de l'Algérie aux portes du Sahara.
Avec une altitude de 112 m au niveau de la mer.

Ce qui fait d'elle une des villes les plus basses d'Algérie.

Le Chef lieu de la wilaya est situé à 400 km au Sud- est de la capitale, Alger.

La wilaya s'étend sur une superficie de 21671 km².

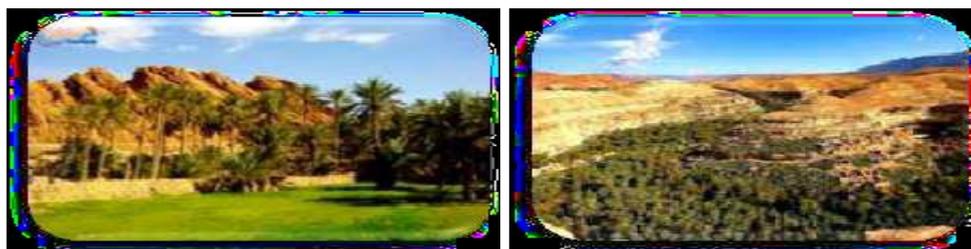


Figure 1.5. Limites administratives de la ville de Biskra

- **La wilaya de Biskra est limitée :**
- Au nord par la wilaya de BATNA,
- Au nord-est par la wilaya de KHENCHELA,
- Au nord-ouest par la wilaya de M'SILA,
- Au sud-ouest par la wilaya de DJELFA,
- Au sud par OUARGLA.

I.4.2- LE RELIEF :

La wilaya présente un relief diversifié avec, au nord des massifs montagneux qui cèdent rapidement place, un peu plus au Sud aux plaines puis aux vastes étendues steppiques et sahariennes parsemées d'oasis verdoyantes.



I.4.3-LE CLIMAT :

Le climat de Biskra est un climat saharien, sec en été et très agréable en hiver. La pluviométrie est en moyenne entre 120 et 150 mm/an.

I.4.4-GEOLOGIE:

La wilaya de Biskra est située dans une zone stable tectoniquement. On distingue 3 régions

- Le plateau de l'Aurès situé à l'Est.
- Les vallées de l'Oued El Djeddi et l'Oued Sidi Zarzoure.
- Le Grand Sahara.

La lithologie se compose de :

- ✓ Les chotts.
- ✓ Les regs et terrasses.
- ✓ Les calcaires dolomitiques.

Les marnes et argiles

I.4.5-TEMPERATURE:

Les températures maximales dépassent souvent les **34°C** à l'ombre en été et descendent parfois au-dessous de **11°C** en hiver. L'écart thermique entre le jour et la nuit est très important.

I.4.6- HYDROGRAPHIE :

Malgré leur nombre très élevé, les oueds de la région sont peu importants. Les oueds les plus importants sont : l'Oued Faoir, l'Oued Assal, l'Oued L'tel, l'Oued Sidi Zarzoure, Oued Djeddi et Oued El Hai, Oued Djeddi est parmi les plus grands oueds en Algérie de point de vue linéaire.

I.5- PRESENTATION DU SECTEUR:

Le réseau routier de la wilaya de Biskra s'étend sur un linéaire global de **2991 ,500 Kms** se répartissant comme suit :

I.5.1-RESEAU ROUTIER :

La wilaya de Biskra gère 2389.74 km de route se répartissant comme suite :

- **550.10 km** de **Route Nationale**
- **482.70 km** de Chemins de Wilaya
- **1356.94 km** de Chemins de Commune dont 797.40 km **non** goudronnées.

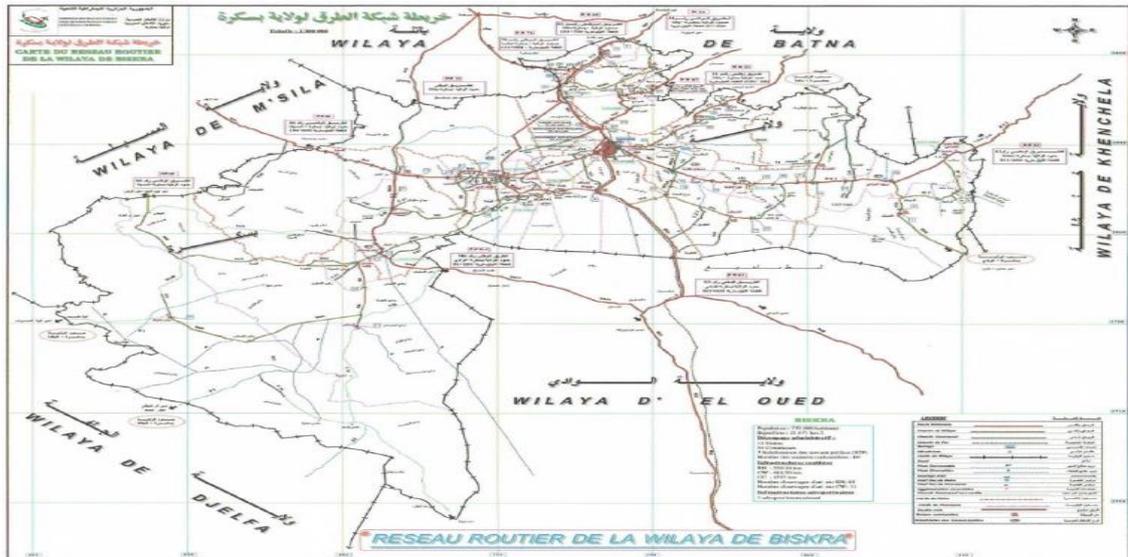


Figure 1.6: Réseau routier La wilaya de Biskra

I.5.2-RESEAU FERROVIAIRE :

Le chemin de fer traverse la wilaya du nord au sud sur une longueur de 130.13 km. Entrecoupées de trois stations, dont une majeure à Biskra, la seconde à Loutaya et la dernière à El Kantara. Il contribue à la revitalisation du mouvement économique entre les diverses wilayas du sud-est et du nord.

Le tonnage transporté en 2010 est estimé à 7092 tonnes aller et 276 957 tonnes retour.

I.5.3-RESEAU AEROPORTUAIRE:

L'aéroport de Biskra est le premier aéroport d'Afrique car c'est en 1913 qu'a eu lieu le premier vol, Il ne cesse de se développer aussi bien dans le trafic des vols domestiques qu'internationaux.

I.5.3.1- REPARTITION DES PROJETS D'INVESTISSEMENTS DECLARES PAR SECTEUR D'ACTIVITE :

Durant la période 2002 -2014, la répartition des projets d'investissement par secteur d'activité regroupé au niveau du guichet se présente comme suit :

| Secteur d'activité | Nombre des projet | Montant | Nombre d'emplois |
|------------------------------|-------------------|----------------|------------------|
| TRANSPORT | 336 | 8309 | 1717 |
| BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS | 142 | 10 375 | 1 690 |
| INDUSTRIES | 119 | 227 130 | 8 000 |
| SERVICES | 77 | 5 643 | 1 030 |
| SANTE | 9 | 831 | 179 |
| TOURISME | 9 | 23 635 | 708 |
| AGRICULTURE | 8 | 1 004 | 159 |
| TOTAL | 700 | 276 928 | 13483 |

Montant: Millions de DA

Tableau I.1: Source Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2015

Ce tableau donne un aperçu sur le nombre de projets d'investissement dans cette wilaya qui est de l'ordre de 700 projets dont le coût global est de 276 928 millions de dinars avec 13 483 postes d'emplois prévus.

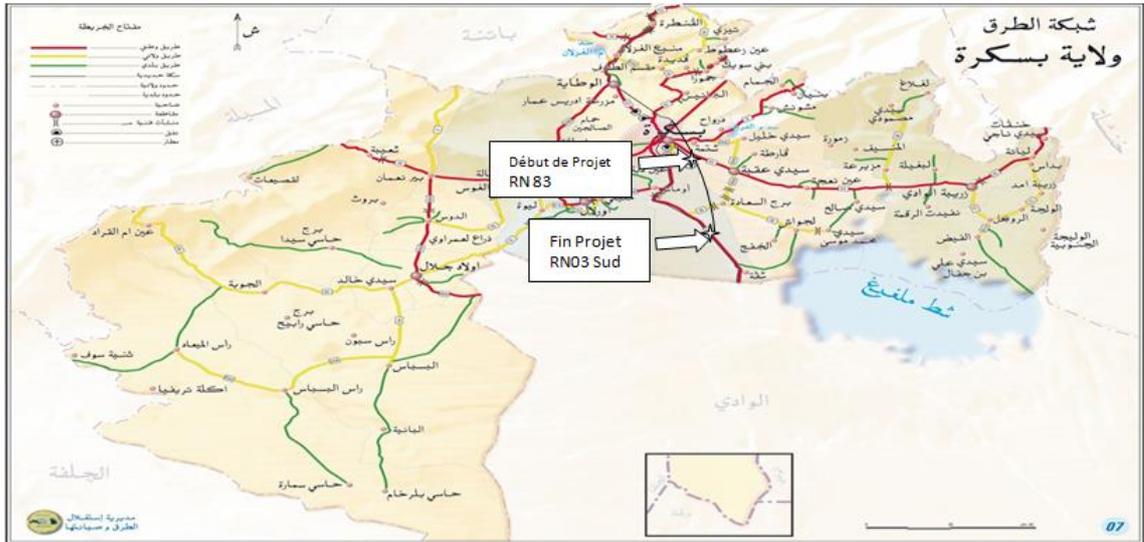


Figure 1.7. Réseau routier de la wilaya de Biskra (début et fin de projet)



Figure 1.8 - Site de projet

La Topographie



relief parfaitement plat



Pylônes électriques de haute et moyenne tension

La Topographie



Relief parfaitement plat et arbuste Terfa



début du projet RN 83

La Topographie

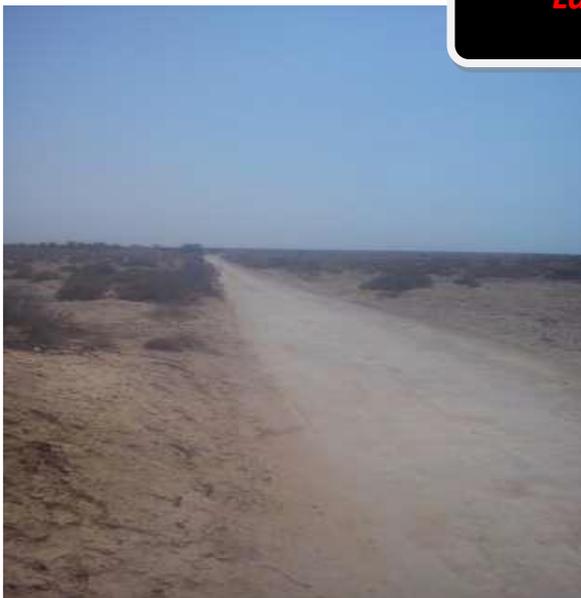


Palmeraies au bord de la piste existante

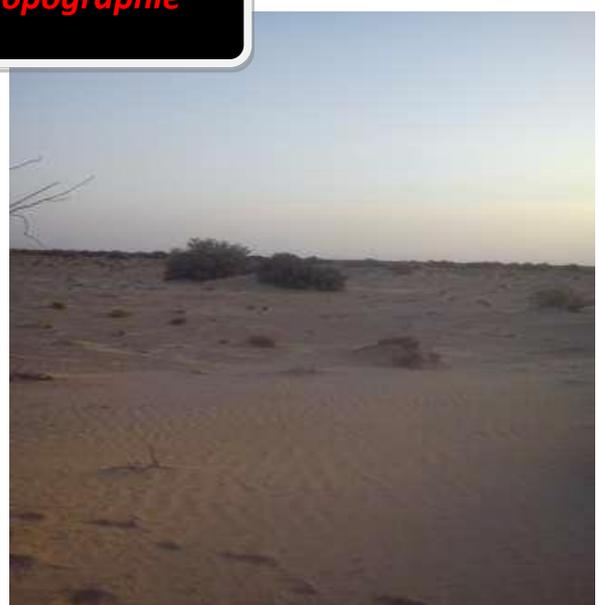


piste existante

La Topographie



Relief parfaitement plat et arbuste Terfa



terrain sableux

CHAPITRE - II
PARAMETRES DE BASE

PARAMETRES DE BASE

II.1- CARACTERISTIQUES DU PROJET :

L'évitement de la ville de Biskra est conçu comme une route unidirectionnelle à 2 x 2 voies, ce qui permet d'assurer un niveau de service élevé tout en assurant de bonnes conditions du point de vue de la sécurité, du temps de parcours et du confort.

Les paramètres de dimensionnement utilisés dans le tracé en plan et profil en long, indiqués ci-dessous, suivent les normes techniques d'Aménagement des Routes en Algérie « B 40 ». La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire. Elle dépend de la catégorie et de l'environnement.

II.1. a- LA CATEGORIE DE LA ROUTE :

L'ensemble des itinéraires de L'Algérie est classé en cinq (05) catégories fonctionnelles, correspondants aux finalités économiques et administratives (les recommandations du B40). Les caractéristiques principales relatives à chacun des 5 types de routes sont les suivantes :

- **Catégorie1** : liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde. Liaison assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation sur ce réseau.
- **Catégorie2** : liaisons entre les centres d'industrie de transformation. Liaisons assurant le rabattement des pôles d'industrie légères diversifiées sur le réseau précédent.
- **Catégorie3** : liaison des chefs-lieux de daïra et de wilaya non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2.
- **Catégorie4** : liaisons des centres de vie avec le réseau des catégories 1 et 3.
- **Catégorie5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

La route en étude (début et fin de projet) avec la RN 03, qui relie le nord du pays (Skikda) et le Sud (Hassi Messaoud, In Amenas), d'où son classement en catégorie (**C1**).

II.1. b- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE :

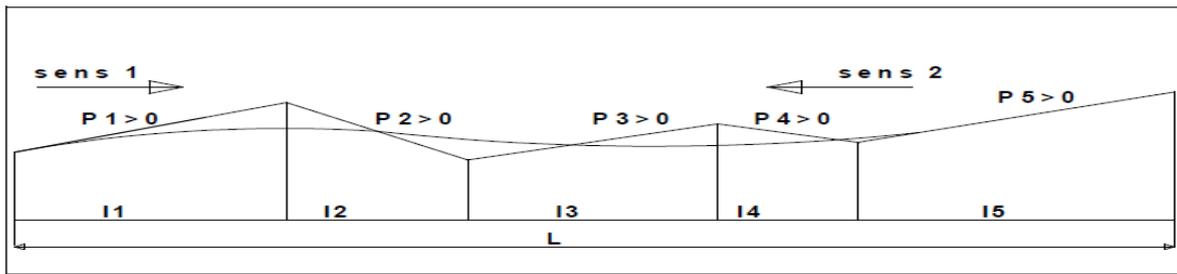
L'environnement de la route définit l'état du terrain de la future route, il est caractérisé par deux (02) indicateurs :

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

❖ La dénivelée cumulée moyenne :

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

Pour notre projet, on a les valeurs suivantes :



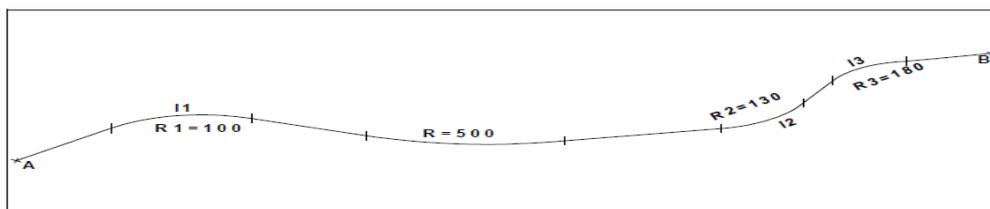
$h_1 = \text{dénivelée cumulée sens 1} : P = \sum P_i * L_i$

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

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

Sinuosité : La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse LS est la longueur totale de l'itinéraire, la longueur sinueuse LS est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

$T = (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m}) / L_{\text{total}}$



Sinuosité

$\sigma = L_s / L_{AB}$

Ls : la longueur sinueuse.

LR : longueur de rayon ≤ 200 .

LAB : L (longueurs totales de l'itinéraire).

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

Tableau II.2 : Classification de la sinuosité moyenne

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le tableau ci-dessous :

| Relief \ Sinuosité | FAIBLE ($\sigma < 0.1$) | MOYENNE $0.1 < \sigma < 0.3$ | FORTE $\sigma > 0.3$ |
|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|
| | PLAT ($h/L < 1.5\%$) | E1 | E2 |
| VALONNE ($1.5\% < h/L < 4\%$) | E2 | E2 | E3 |
| MONTAGNE ($h/L > 4\%$) | ***** | E3 | E3 |

Tableau II.3 : Environnement de la route E_i

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon supérieur à 200m.

APPLICATION AU PROJET :

La dénivelée cumulée moyenne :

$H = 28.97/11000 = 0.263 \% \leq 1.5 \% \implies$ selon B40 donc on a un **terrain plat**

$\sigma = L_s/L_{AB} \implies \sigma = 0/11000 = 0 < 0.1 \Rightarrow$ **La Sinuosité Faible**

La sinuosité : $\sigma = 0 < 0.1$ donc on a une sinuosité faible

Un terrain Plat et une sinuosité faible, notre route se classe en **E1**

II.2-VITESSE DE BASE (VITESSE DE REFERENCE) :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autre intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les différentes sections, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverse d'une ville, modification du relief...Etc.).

Le choix de vitesse de référence dépend de :

- Catégorie de la route.
- Environnement de la route.
- Importance et genre de trafic.
- Condition économique d'exécution d'exploitation.

Nous sommes dans l'environnement **E1**, Catégorie **C1**

Pour un environnement E1 et une Catégorie C1, le B 40 propose trois vitesses (120, 100 et 80 km/h). Pour notre projet, on opte pour une vitesse de **100 Km/h**.

| | Cat1 | Cat2 | Cat3 | Cat4 | Cat5 |
|-------------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| Environnement facile | 120/100/80 | 120/100/80 | 120/100/80 | 100/80/60 | 80/60/40 |
| Environnement moyen | 100/80/60 | 100/80/60 | 100/80/60 | 80/60 | 80/60 |
| Environnement difficile | 80/60/40 | 80/60/40 | 80/60/40 | 60/40 | 40 |

Tableau II.4: valeurs des vitesses de base selon B40

II.3-PARAMETRES CINEMATIQUES :

II.3.1-HAUTEUR DE L'ŒIL ET DES OBSTACLES :

Les hauteurs de l'œil et des obstacles sont des paramètres intervenant dans le calcul des distances de visibilité en point haut et bas. Elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical.

La hauteur de l'œil h_0 du conducteur au-dessus de la chaussée est prise égale à 1.10m.

Pour la détermination de la distance de visibilité d'arrêt, on prend en compte la hauteur d'un obstacle h_1 situé sur la chaussée.

Par contre pour la distance de visibilité de dépassement, on prend la hauteur d'un véhicule en sens inverse h_2

Le tableau résume les valeurs adoptées selon le B40 :

| hauteur catégorie | Hauteur de l'œil (h_0) | Hauteur d l'obstacle (h_1) | Hauteur d l'obstacle (h_2) |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Catégorie 1-2 | 1.10m | 0.15m | 1.20m |
| Catégorie 1-2-3 | 1.10m | 0.20m | 1.20m |

Tableau II.5 : hauteur de l'œil et des obstacles

- Pour notre cas :

$$h_0=1.10\text{m} \quad ; \quad h_1=0.15\text{m} \quad ; \quad h_2=1.20\text{m} \quad ;$$

II.3.2- TEMPS DE PERCEPTION-REACTION :

Le temps de perception-réaction est le temps nécessaire au conducteur pour prendre en toute situation les mesures nécessaires à sa sécurité. Les temps de perception-réaction interviennent pour :

- Le freinage.
- Le dépassement.
- L'observation.

Le tableau résume les valeurs du temps de perception-réaction par rapport à la catégorie et l'environnement :

| | E1 | E2 | E3 |
|-----------------|--|--|--------------------------|
| Catégorie 1-2 | t=1.8s pour $V>80\text{Km/h}$ t=2.0s pour $V\leq 80\text{Km/h}$ | t=1.8s pour $V>80\text{Km/h}$ t=2.0s pour $V\leq 80\text{Km/h}$ | t=1.8s quelle que soit V |
| Catégorie 3-4-5 | t=1.8s pour $V>60\text{Km/h}$ t=2.0s pour $V\leq 60\text{Km/h}$ | | |

Tableau II.6: temps de perception-réaction

- Pour notre projet le temps de perception-réaction :

$$t_1=1.8 \text{ pour } V>80\text{Km/h}$$

II.3.3-LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL f_l :

Variable avec la vitesse, sert a défini les valeurs minimales de la distance de freinage et par conséquent les paramètres des projets qui sont liées (distance de visibilité, rayon minimal en point haut de profil en long et le dégagement latérale).

- Pour notre projet $f_t=0.36$, fonction de la vitesse référence et la catégorie.

II.3.4-LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL f_t :

Variable avec la vitesse et utilisé pour déterminer le rayon en tracé en plan associé a un divers donnée ou inversement.

- Dans notre cas ($V_R=100\text{Km/h}$, catégorie C1) on à $f_t=0.11$.

II.3.5-DISTANCE DE FREINAGE d_0 :

Est la longueur parcourue par le véhicule pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse.

- a) Route palier :

$$d_0 = \frac{V_R^2}{260f_t} = \frac{100^2}{260 \times 0.36} = 106.83\text{m}$$

- b) Route en déclivité :

$$d_0 = \frac{V_R^2}{260(f_t \pm i)}$$

En rampe :

$$d_0 = \frac{100^2}{260 \times (0.36 + 0.05)} = 93.80\text{m}$$

En pente :

$$d_0 = \frac{100^2}{260 \times (0.36 - 0.05)} = 124.06\text{m}$$

II.3.5- LA DISTANCE D'ARRET d_1 :

C'est la distance minimale parcourue par un véhicule entre le moment où l'obstacle devient visible et celui où le véhicule s'arrête.

- a) En alignement :

$$d_1 = d_0 + \frac{V_R}{3.6} t_1 = 106.83 + \frac{100}{3.6} \times 1.8 = 156.83\text{m}$$

- b) En déclivité :

$$d_1 = \frac{V_R^2}{260(f_t \pm i)} + \frac{V_R}{3.6} t_1$$

En rampe :

$$d_1 = 93.80 + 50 = 143.8\text{m}$$

En pente :

$$d_1 = 124.06 + 50 = 174.06\text{m}$$

II.3.6-LA DISTANCE D'ARRÊT EN COURBE d_2 :

Pour le calcul de la distance d'arrêt en courbe on majore de 25% d_0 (on doit freiner moins énergiquement qu'en alignement) donc :

$$d_2 = d_1 + 0.25d_0 \quad \text{Si } R \leq 5.V$$

$$d_2 = d_1 \quad \text{Si } R > 5.V$$

Dans notre cas $R = 600 \geq 5 \times 100 = 500$

Donc :

$$d_2 = d_1 = 156.83m$$

Conclusion :

- ✓ Pour une route de catégorie **C1**, environnement **E1**, les paramètres cinématiques sont résumés dans le tableau suivant :

| Paramètre | symbole | Valeurs(B40) | Valeurs calculés |
|---|---------|--------------|------------------|
| Vitesse de base(Km/h) | V_R | 100 | 100 |
| Temps de perception-réaction(s) | t_1 | 1.8 | 1.8 |
| Coefficient de frottement longitudinal | f_l | 0.36 | 0.36 |
| Coefficient de frottement transversal | f_t | 0.11 | 0.11 |
| Distance de freinage(m) | d_0 | 111 | 106.83 |
| Distance de freinage on rampe(m) | d_0 | / | 93.80 |
| Distance de freinage on pente(m) | d_0 | / | 124.06 |
| Distance d'arrêt(m) | d_1 | 161 | 156.83 |
| Distance d'arrêt on rampe (m) | d_1 | / | 143.8 |
| Distance d'arrêt on pente (m) | d_1 | / | 174.06 |
| La distance d'arrêt en courbe d_2 (m) | d_2 | / | 156.83 |

Tableau II.7 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B40

CHAPITRE - III
ETUDE DE TRAFIC

ETUDE DE TRAFIC

III.1- INTRODUCTION :

L'étude du trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport. Elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

Ces données nous permettront de définir les caractéristiques techniques de notre chaussée (nombre de voies et dimensionnement du corps de chaussée).

III.2-ANALYSE TRAFIC :

L'étude de trafic est une étape très importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, condition de circulation, saturation, origine, et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

III.2.1- QUANTIFICATION DES TRAFICS :

1. Les comptages : ils permettent de quantifier le trafic (le comptage manuel, le comptage automatique).

2. Les enquêtes : elles permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

III.3- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS :

On distingue quatre types de trafics :

III.3. A- TRAFIC NORMAL :

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

III.3. B-TRAFIC DEVIE :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre le différent moyen d'atteindre la même destination.

III.3. C- TRAFIC INDUIT :

C'est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.3. D- TRAFIC TOTAL :

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

III.4- MODELES DE PRESENTATION 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.
- Modèles gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

III.4.1- PROLONGATION DE L'EVOLUTION PASSEE :

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 :

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

Avec :

- T_0 : Le trafic à l'arrivée pour l'origine ;
- T_n : Le trafic de l'année horizon ;
- τ : Le taux de croissance annuel du trafic en (%) ;
- n : Nombre d'année.

III.4.2- CORRELATION ENTRE LE TRAFIC ET DES PARAMETRES ECONOMIQUES : 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).
- Produit 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.

III.4.3- MODELE GRAVITAIRE :

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

III.4.4- MODELE DE FACTEUR DE CROISSANCE :

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

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

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

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

➤ **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 économiques de la région.

III.5- CALCUL DE LA CAPACITE :

On définit la capacité de la route par le nombre maximum des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

La capacité dépend de :

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

III.6- PROCEDURE DE DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIS :

Le choix de nombre de vois 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 année d'exploitation.

III.6.1-LE TRAFIC MOYEN JOURNALIER ANNUEL TJMA (V/J) :

Le **Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A)** égal au trafic total de l'année divisé par le nombre de jour ; on l'exprime en **véhicules par jour (v/j)**.

III.6.2-LE TRAFIC A UN HORIZON DONNE :

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le TJMA évalue d'une année à l'autre.

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

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

- $TMJA_n$: Trafic journalier à l'année n.
- $TMJA_0$: Trafic journalier à l'année 0.
- τ : taux d'accroissement annuel.
- n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

III.6.3- LE TRAFIC EFFECTIF (T_{eff}) :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp) en fonction de l'environnement (plaine, vallonné, montagneux).

Pour cela on utilise des coefficients pour convertir les poids lourds en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

- T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp/j) .
- Z : pourcentage de poids lourd.
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Valeurs de P :

| Routes | E1 : facile (plaine) | E2 : moyen (vallonné) | E3 : difficile (montagneux) |
|---------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 2 voies | 3 | 6 | 12 |
| 3 voies | 2,5 | 5 | 10 |
| 4 voies | 2 | 4 | 8 |

Tableau III.1 : coefficient d'équivalence (pl/uvp).

III.6.4-DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL :

Est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

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

Avec :

- T_{eff} : Trafic effectif.
- Q : débit de pointe horaire normale.
- $1/n = 0.12$ (coefficient de pointe).

III.6.5- DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

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

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

- Q_{adm} : Débit horaire admissible.
- K_1 : Coefficient dépendant de l'environnement.
- K_2 : Coefficient réducteur de capacité traduisant la différence entre caractéristique réelle et idéale de circulation.
- C_{th} : La capacité effective de profil en travers.

Valeurs de K_1 :

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|-----------------|------|------|-------------|
| Valeur de K_1 | 0.75 | 0.85 | 0.90 à 0.95 |

Tableau III.2 : valeurs de K_1 selon la classe de l'environnement.

Valeurs de K_2 :

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

Tableau III.3 : valeurs de K_2 selon l'environnement et la catégorie de la route.

Valeurs de C_{th} :

| La route | La 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 chaussée séparé | 1500 à 1800 (uvp/h) |

Tableau III.4 : valeur de capacité théorique C_{th} .

III.6.6-DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIE :

A. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

S'il s'agit de chaussée bidirectionnelle on compare Q à Q_{adm} est on adopte le profil au quelle correspond la valeur de Q la plus proche de Q_{adm} : $Q \leq Q_{adm}$

B. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

S'il s'agit d'une chaussée unidirectionnelle le nombre de voie pour chaque une de chaussée est le nombre entier le plus proche de :

$$s \times \frac{Q}{Q_0}$$

Avec :

- S : coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les deux sens pris égale à $\frac{2}{3}$
- Q_0 : Le débit admissible par voie :

$$Q_0 = K_1 \times K_2 \times C_0$$

Avec : $C_0 = 1500 \div 1800$ (uvp/h)

III.7- APPLICATION AU PROJET :

III.7.1- LES DONNEES DE TRAFICS :

Pour déterminer le trafic sur notre évitement on a suivi la démarche suivante :

- On a découpé l'évitement futur en quatre section A-B-C-D- chaque section se suite entre deux point d'entrée et sortie de l'évitement. Ces sections sont :
- **A** : entre RN 03 nord et RN 87
- **B** : A : entre RN 87 et RN 31
- **C** : entre RN 31 et RN 83
- **D** : entre RN 83 et RN 03 sud

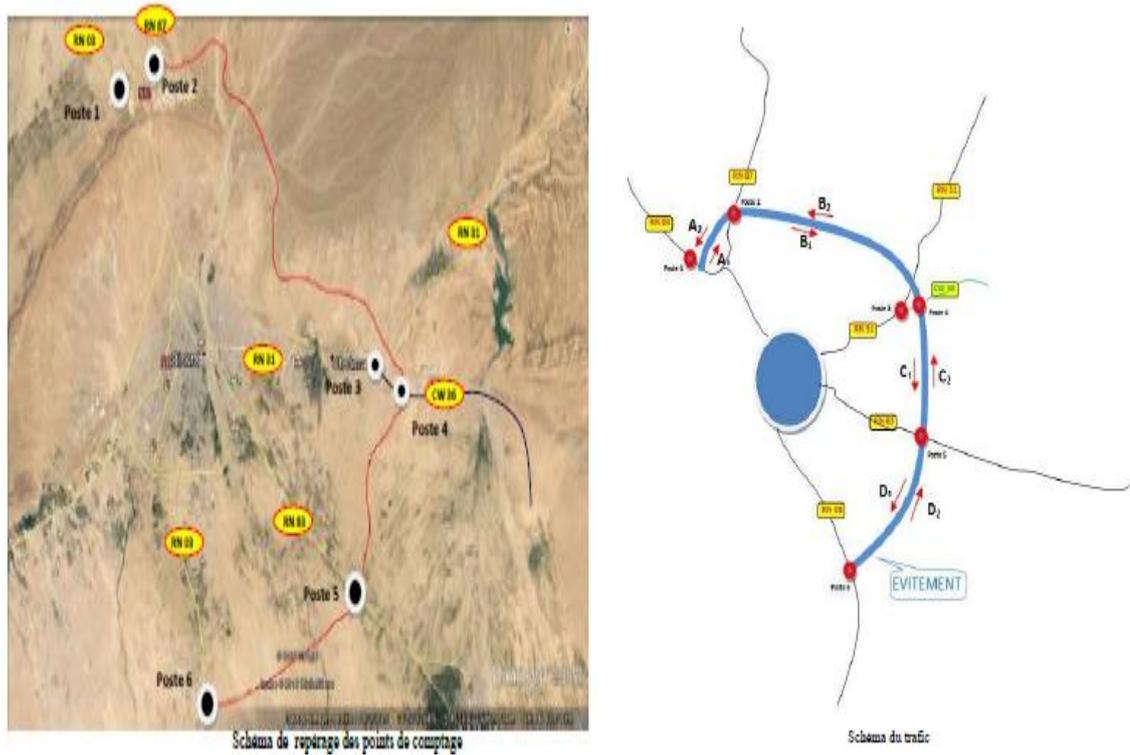


Figure 3.1 – Repérage des points de comptage

Cette donnée est déterminée essentiellement pour connaître l’agressivité des véhicules lourds (PL) circulant sur la voie la plus chargée. Les résultats du comptage de trafic routier effectué en 2015 sont récapitulés dans le tableau suivant :

| Section | TJMA ₂₀₁₅ | %PL |
|--------------------|----------------------|------|
| RN83 vers RN03 sud | 8900 | 13.5 |

Tableau III.5 : les résultats du comptage de trafic en 2015

III.7.2- HYPOTHESES DE CALCUL :

- Année de comptage : 2015
- $TJMA_{2015} = 8900$ (V/J)
- Année de mise en service : 2022
- Durée de vie : 20 ans
- Année horizon : 2042
- Pourcentage poids lourds : 13.5 %
- Taux d’accroissement annuel de trafic : 4%

III.7.3- DETERMINATION DE NOMBRE DES VOIES :

A. Calcul de trafic à l’année mise en service :

$$TJMA_{2022} = (1 + \tau)^n TJMA_{2015}$$

$$TJMA_{2022} = (1 + 0.04)^7 \times 8900$$

$$TJMA_{2022} = 11712 \text{ (V/J)}$$

B. Calcul de trafic à l'année horizon :

$$TJMA_{2042} = (1 + \tau)^n TJMA_{2022}$$

$$TJMA_{2042} = (1 + 0.04)^{20} \times 11712$$

$$TJMA_{2042} = 25662 \text{ (V/J)}$$

C. Calcul de trafic effectif à l'année mise en service :

$$T_{eff(2022)} = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2022}$$

Avec : $P = 3$ (route de 2 voies et de bonnes caractéristiques E1)

D. Calcul de trafic effectif à l'année horizon :

$$T_{eff(2042)} = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2042}$$

$$T_{eff(2042)} = [(1-0.135) + 3 \times 0.135] \times 25662$$

$$T_{eff(2042)} = 32591 \text{ (uvp/J)}$$

E. Calcul de débit de pointe horaire à l'année horizon :

$$Q = (0.12) \times T_{eff(2042)}$$

$$Q = (0.12) \times 32591$$

$$Q = 3911 \text{ (uvp/h)}$$

F. Calcul le nombre de voies :

➤ Calcul de Débit admissible :

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

K_1 : Coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1

K_2 : Coefficient correcteur pris égal à 1.00 pour environnement (E1) et catégorie (C1)

Avec : Capacité théorique C_{th} (uvp/h)

Donc on est dans le cas d'une Route à **chaussées séparées**.

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : $1500 < C_{th} < 1800 \text{ uvp/h/sens}$.

Si on prend $C_{th} = 1800$, le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h/sens}$$

$$n = s \times \frac{Q}{Q_0} \quad \text{avec : } s = 2/3$$

$$n = \frac{2 \times 3911}{3 \times 1350} = 1.93 \approx 2 \text{ voies}$$

➤ Donc le nombre de voies est 2 voies par sens.

G. Calcul de l'année de saturation :

L'année de saturation correspond à $Q_{eff} = Q_{saturation}$ Avec :

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

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th};$$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 ;$$

$$Q_{adm} = 1350 \times 4 = 5400 \text{ uvp/h.}$$

D'autre part :

$$TJMA_h = (1 + \tau)^n \times TJMA (2022);$$

$$T_{eff(2022)} = [(1 - 0.135) + 3 \times 0.135] \times 11712$$

$$T_{eff(2022)} = 14874 \text{ (uvp/J)}$$

H - Calcul de débit de pointe horaire à l'année mise en service :

$$Q = (1/n) \times T_{eff(2022)} \quad \text{avec : } (1/n) = 0.12$$

$$Q = (0.12) \times T_{eff(2022)}$$

$$Q = (0.12) \times 14874$$

$$Q = 1785 \text{ (uvp/h)}$$

$$5400 = 1785 \times (1 + 0.04)^n$$

$$(1 + 0.04)^n = 5400 / 1785 = 3.03 ;$$

$$\text{Alors } n = \ln 3.03 / \ln 1.04$$

$$n = 28.26 \text{ donc, } n = 29 \text{ ans.} \implies 2071$$

Conclusion :

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

| $TJMA_{2015}$ (V/J) | $TJMA_{2022}$ (V/J) | $TJMA_{2042}$ (V/J) | $T_{eff(2042)}$ (uvp/J) | 2042 (uvp/h) | N (voies) |
|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------|-----------|
| 8900 | 11712 | 25662 | 32591 | 3911 | 4 |

Tableau III.6 : récapitulatif des résultats de notre projet

D'après les calculs effectués, l'évitement Biskra EST aura sur le tronçon étudié tronçon (RN83 vers RN03 sud), un profil composé de «2x2» voies. Une saturation est prévisible en 2071.

CHAPITRE - IV
DIMENSIONNEMENT DUCORPS DE
CHAUSSEE

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV.1-INTRODUCTION :

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

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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

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

Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds)
- Les matériaux utilisés.
- La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- La durée de vie de la chaussée.

LA CHAUSSEE

IV.2-DEFINITION :

A. AU SENS GEOMETRIQUE :

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

B. AU SENS STRUCTUREL :

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettre la reprise des charges extérieures.

IV.3-CLASSIFICATION DES CHAUSSEES :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- Chaussée souple
- Chaussée semi-rigide
- Chaussée rigide

A. CHAUSSEE SOUPLE :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une structure parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux à granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.
- La chaussée souple se compose généralement de quatre couches différentes :
 - ✓ Couche de roulement (surface).
 - ✓ Couche de base.
 - ✓ Couche de fondation.
 - ✓ Couche de forme.

a. Couche de roulement (surface) :

Cette couche est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Le rôle de la couche de roulement :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort des usagers (bruit et uni).

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

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

b. Couche de base :

C'est une couche intermédiaire, elle permet le passage progressif entre la couche de roulement et la couche de fondation. Elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 20 cm.

c. Couche de fondation :

Assurer un bon uni et une bonne portance de la chaussée finie et elle a le même rôle que celui de base ; L'épaisseur de cette couche est entre 15 et 60 cm.

La couche de fondation et la couche de base forment le « corps de chaussée».

d. Couche de forme :

Employée lorsque le terrain naturel présente des caractéristiques particulièrement médiocres et hétérogènes (nature de sol support).

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : elle assure une portance suffisante à court terme aux engins de chantier de circuler librement.

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

Eventuellement, une couche drainante ou, anti-contaminante peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation s'appelle « sous-couche».

- **Anti-contaminant** : écran contre la remontée d'éléments argileux ou limoneux dans la chaussée.
- **Anticapillaire** : écran contre les remontées d'eau dans le corps de chaussée, sous l'action des forces capillaires.
- **Antigel** : réalisée en matériaux insensibles au gel, pour accroître l'épaisseur totale de la chaussée jusqu'à une profondeur voisine de la pénétration maximale de gel.

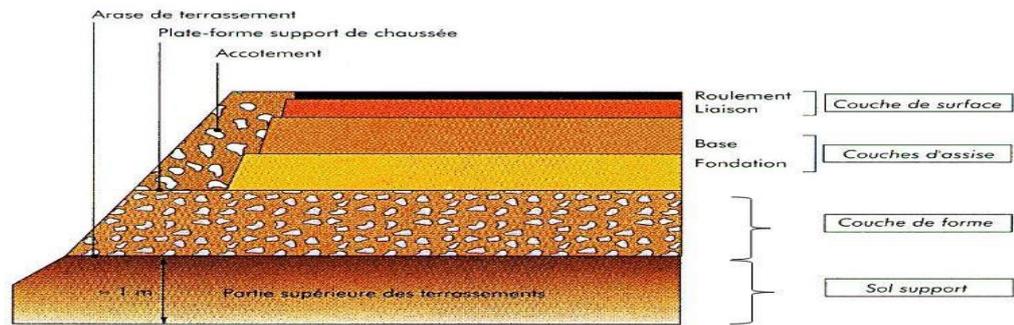


Figure 4.1 : les différentes couches de la chaussée

B. CHAUSSEE SEMI-RIGIDE : On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelque fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat, ...).

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

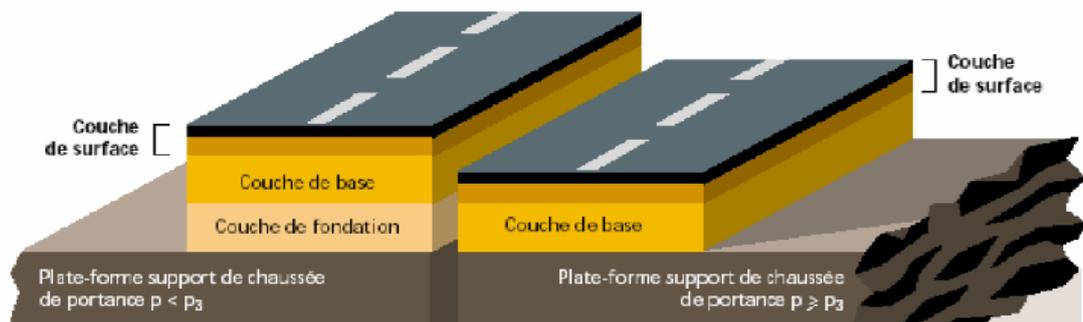


Figure 4.2 : Structure type d'une chaussée souple

C. CHAUSSEE RIGIDE :

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

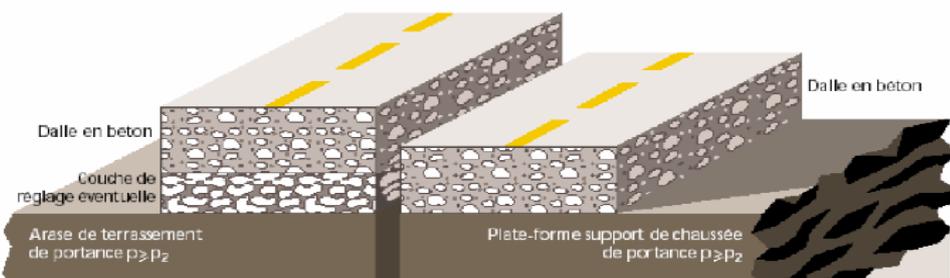


Figure 4.3 : Structure type d'une chaussée rigide

La figure ci-dessous représente les différents corps de chaussée pour chaque classe de chaussée :

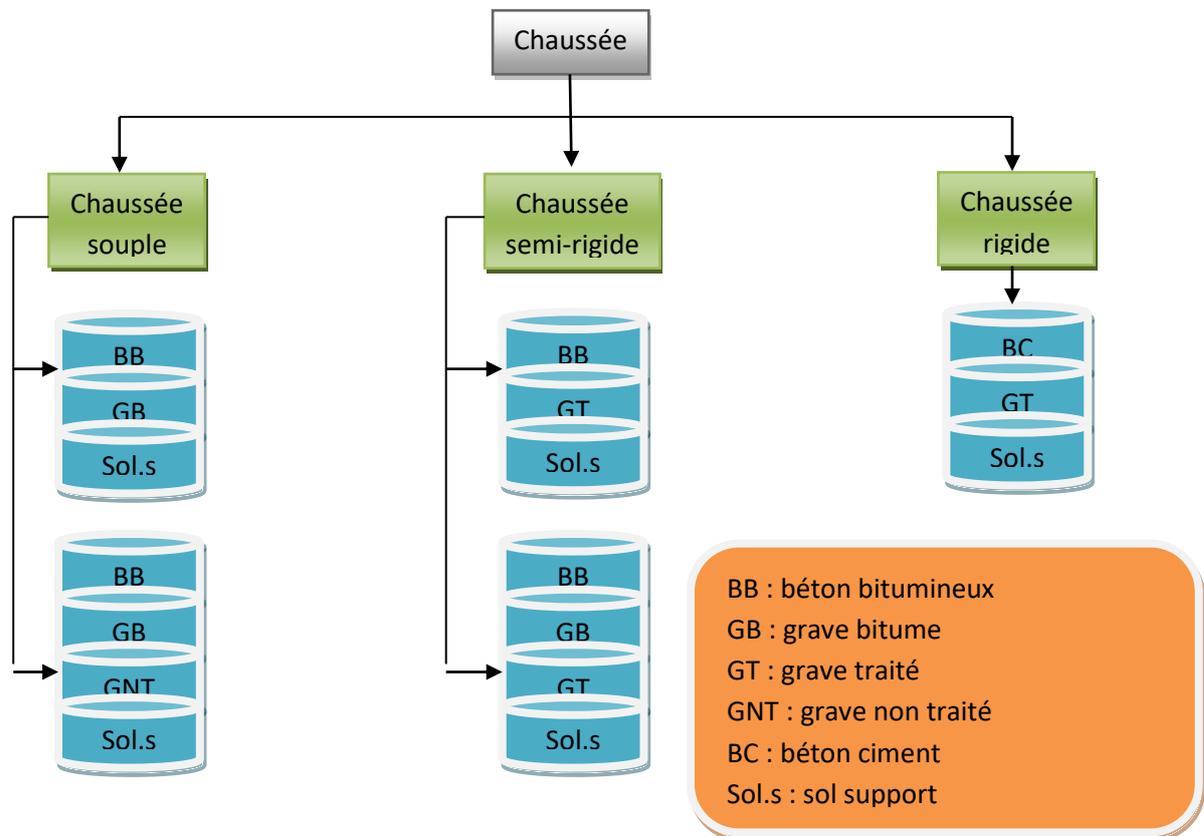


Figure 4.4 : types de chaussées

IV.4-LES DIFFERENTS FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnés par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

A. TRAFIC : La connaissance du trafic et principalement celui des poids lourds, constitue un élément essentiel pour un bon dimensionnement de la chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres :

- **Le TMJA** à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit. Le trafic des poids lourds comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à **15 tonnes**.

❖ **Trafic à la mise en service :**

Ce trafic compté sur la base du **TJMA** est estimé à partir du trafic des **PL** par sens, circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel des poids lourds de **5t** et plus.

❖ Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic des poids lourds cumulé sur la durée de service retenue.

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de **13 Tonnes**.

B. ENVIRONNEMENT :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

C. LE SOL SUPPORT :

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

Les plates formes sont définies à partir :

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

D. MATERIAUX :

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

IV.5-METHODE DE DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE :

On distingue trois groupes de méthodes de dimensionnement sont :

IV.5.1-LES METHODES THEORIQUES :

Ces méthodes assimilent la chaussée à un corps justiciable des procédées de l'élasticité ces méthodes qui sont peu utilisées en pratique servent de base aux travaux de recherche entreprise dans ce domaine elles peuvent se borner à l'étude élastique des systèmes multicouches soumis à des charges statiques (EX : Bousinessq, Burmister, Hogg ,Jeuffroy, ...etc.)

IV.5.2-LES METHODES EMPIRIQUES (CLASSIQUES) :

Ces méthodes basées des connaissances technologiques expérimentales et des constatations sur les comportements des chaussées (EX : méthode de steel, méthode de l'aviation civil américaine, etc....).

IV.5.3-LES METHODES SEMI-EMPIRIQUES :

Ces méthodes combinent les résultats des études théoriques et des essais constatations faites sur la chaussée, ces méthodes sont les plus répandues et les plus rationnels et les plus utilisée.

✓ Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisée sont :

- La méthode de C.B.R (**C**alifornia-**B**earing-**R**atio)
- La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- La méthode du catalogue de la structure du CTTP(Algérie)
- La méthode L.C.P.C (laboratoire central des ponts chaussés).

On peut citer :

A. Méthode CBR (Californien Bearing Ratio) :

C'est une méthode semi-empirique qui se basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90 – 100%) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon. Les abaques qui donnent l'épaisseur «e» des chaussées en fonction de l'indice CBR, la pression de gonflable des pneus, des nombres de répétions et de charge correspondant approximativement à la formule suivantes :

E_{eq} : épaisseur totale (cm).

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

- I_{CBR} : Indice CBR.
- P : charge par roue ; $P= 6.5$ t

En tenant compte de l'influence de trafic, la formule précédente devient :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

- N : nombre de poids lourds par sens par la voie la plus chargée.
- **Log** : logarithme décimale.

$$N (PL\%) = TMJA n \times Z$$

Avec **TMJA n** : trafics prévus pour une durée de vie de **20** ans

n: année de prévision.

N : nombre moyen journalier de poids lourds

a. Détermination des épaisseurs des couches :

Après avoir calculé l'épaisseur totale de la chaussée faite en matière de grave propre, on répartie cette épaisseur sur toute les couche par l'utilisateur d'un coefficient d'équivalence «a» pour chaque type de matériau de façon suivante :

- Calculer l'épaisseur totale de la chaussée.
- Fixation des épaisseurs de couche de surface et couche de base.
- On calcul l'épaisseur de la couche de fondation on utilisant la formule suivante :

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

e_1, e_2, e_3 : Les épaisseurs réelles des couches

b. 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 numérique «a» appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

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

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

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

| Matériaux utilisés | Coefficient d'équivalence (a) |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Béton bitumineux B.B | 2.00 |
| Grave ciment – grave laitier | 1.50 |
| Sable ciment | 1.00 à 1.20 |
| G.C ou G.N.T | 1.00 |
| Tuf | 0.7 à 0.8 |
| Grave roulée – grave sableuse (T.V.O) | 0.75 |
| Sable | 0.50 |
| Grave bitumineux | 1.20 à 1.70 |

Tableau.IV.1: les valeurs du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé

Remarque :

Couche de fondation (CF) : ne dépasse pas 60cm :

- G.C=15-25 cm G.N.T=15 à 30 cm T.V.O=30 cm et plus

Couche de base (GB) varie entre :

- G.B=10 à 20 cm

Couche de roulement (CR) varie entre :

- B.B=6 à 8 cm

B. Méthode catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP) :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support, environnement.

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

La démarche de catalogue :

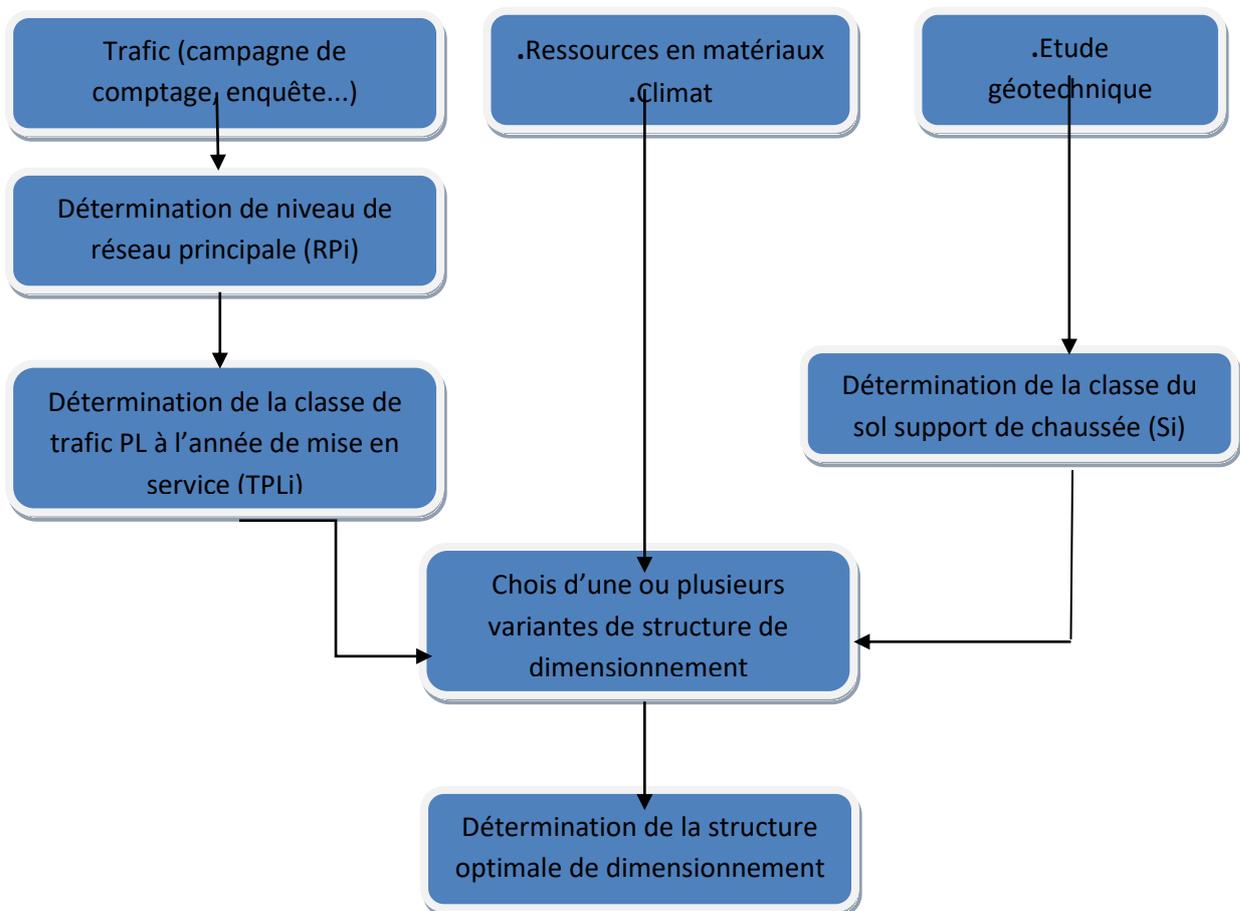


Figure 4.5 : la démarche de catalogue

Il présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds aux 15 ans Tj.
- Les caractéristiques de sol.

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- Le trafic.
- La portance du sol support de la chaussée.
- Zone climatique.
- Les matériaux.

Les principes de méthode :

a. Détermination du type de réseau :

Réseau principal noté RP :

Il se compose de route reliant :

- Le chef lieux de wilaya.
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- Les principales importantes zones industrielles agglomérations.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- RP1 ($T > 1500$ V/J) : RN, autoroute, CW.
- RP2 ($T < 1500$ V/J) : RN, CW.

Le linéaire total de réseau principal RP est d'ordre de 18.400 Km.

Le réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900Km.

b. Détermination de la classe de trafic : on adopte les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à **2 voies** : **90%** du trafic **PL** sur la voie lent de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à **3 voies** : **80%** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à **2 voies** : **50%** du trafic **PL**.
- Chaussée bidirectionnelles à **3 voies** : **50%** du trafic **PL**.

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafic (TPLi) adoptée dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mis en service.

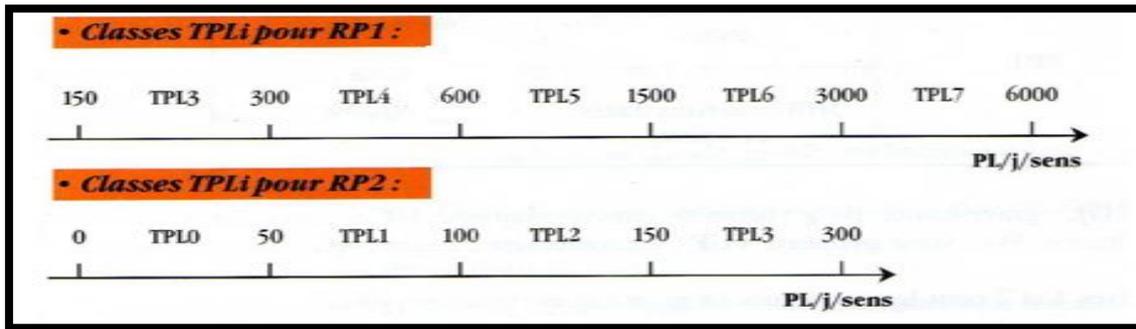


Figure 4.6 : Classes TPLi

c. Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice **CBR** mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement se fait en respectant les seuils suivant Classes de portance des sols Si :

| Portance Si | CBR |
|-------------|---------|
| S4 | < 5 |
| S3 | 5 – 10 |
| S2 | 10 – 25 |
| S1 | 25 – 40 |
| S0 | > 40 |

Tableau IV.2 : classe de portance des sols

d. Plages probable de portance des sols :

Argiles, limons : S4, S3, S2.

Sable, grave : S3, S2, S1, S0.

e. Portance de sols terrassés :

Importance du rapport géotechnique «l'étude géotechnique est nécessaire, car elle permettra d'identifier et de classer les sols».

f. Zones climatiques :

Les différentes zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

| Zone climatique | Pluviométrie (mm/an) | Climat | Teq (°) | Région |
|-----------------|----------------------|-------------|---------|---------------------|
| I | > 600 | Très humide | 20 | Nord |
| II | 350 - 600 | Humide | 20 | Nord, haut plateaux |
| III | 100 - 350 | Semi-aride | 25 | Haut plateaux |
| IV | < 100 | Aride | 30 | Sud |

Tableau IV.3 :classification climatique.

g. Cas des sols sensible à l'eau :

L'essai CBR à prendre en compte sera fonction de la zone climatique considérée :

- CBR imbibé à 4 jour pour les zones climatiques I et II.
- CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.

Pour les sols insensibles à l'eau (sables et graves propres, sils grossiers) la portance est déterminée à partir des essais de chargement à la plaque (module EV2).

– Classe de portance de sol-supports :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$$

| Classes de sols supports | S3 | S2 | S1 | S0 |
|--------------------------|---------|----------|-----------|-------|
| Module (MPa) | 25 - 50 | 50 - 125 | 125 - 200 | > 200 |

Tableau IV.4 : classe de sols support selon le module E

h. Sur classement des sols supports de chaussées :

Lorsque des cas de sols de faible portance (inf à S4 en RP2, inf à S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme de forme devient nécessaire.

L'utilisation d'une couche de forme permet un sur classement de portance du sol terrassé.

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

Tableau IV.5- :Amélioration de la portance du sol support.

C. Méthode du catalogue des structures "SETRA " :

C'est le catalogue des structures types neuves et établi par « SETRA ». Il distingue les structures de chaussée suivant les matériaux employés (**grave non traité GNT, grave concassée GC, sable bitume SB**). Cette méthode considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de **200 à 1500 véh /j**. il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation. Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la **15ème** année.
- Les caractéristiques de sol.

IV.6-APPLICATION PROJET :

Pour le dimensionnement de corps de chaussée on va utiliser les deux méthodes précédentes qui sont la méthode CBR et la méthode du catalogue des chaussée neuves « CTTP ».

On a :

$$PL=13.5\%$$

$$TJMA_{2015}= 8900 \text{ (V/J)}$$

$$\tau=4\%$$

Année de mise en service : 2022

Durée de vie : 20 ans

C.B.R = 08 (retenue des formations de DTP de Biskra)

IV.6.1-Méthode CBR :

$$TJMA_{2015}= (1 + 0.04)^7 \times 8900$$

$$TJMA_{2022}= 11712 \text{ (V/J)}$$

$$PL_{2022}=11712 \times 0.135=1581 \text{ (PL/J/sens)}$$

$$PL_{2042}=1581 \times 0.5 \times (1 + 0.04)^{20}= 1732 \text{ (PL/J/sens)}$$

A. Calcul de l'épaisseur équivalente :

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

- I_{CBR} : Indice CBR=08
- P : charge par roue ; $P= 6.5 \text{ t}$
- P : charge par essieu ; $P= 13 \text{ t}$
- N : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide=1732(PL/J/sens)

Donc :

$$Eeq = \frac{100+(75+50 \log \frac{1732}{10})\sqrt{6.5}}{08+5} = 44.35 \approx 45\text{cm}$$

Cette épaisseur peut être convertie en plusieurs couches selon la disponibilité des matériaux et leurs caractéristiques en tenant compte des coefficients d'équivalence :

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

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche:

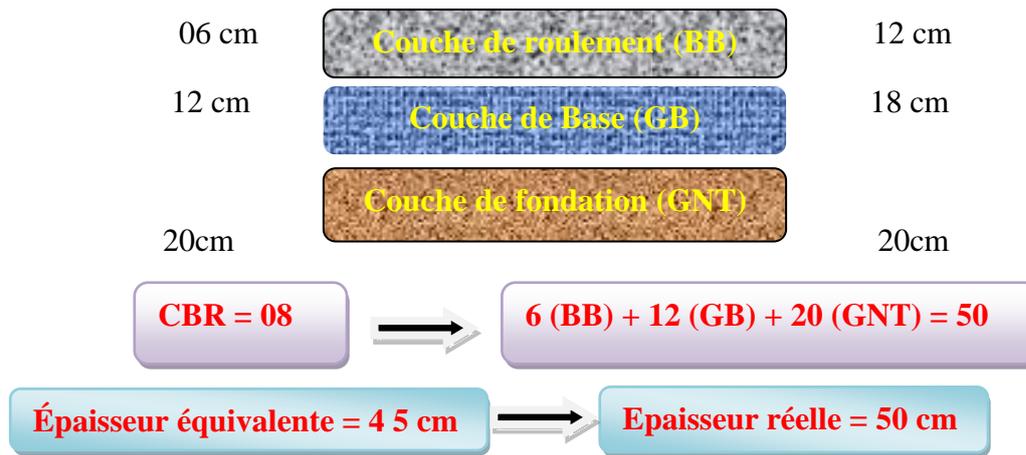
- Couche de roulement (**Béton Bitumineux**) $a_1 = 2$
- Couche de fondation (GNT) $a_3 = 1$

Pour calcul des épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

$$e = BB (6 \times 2) + GB (12 \times 1.5) + GNT (20 \times 1) = 50 > 45\text{cm}$$

- C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de : 6 (BB) + 12 (GNT) + 20 (GNT) = 50 cm

Epaisseur réelles est de

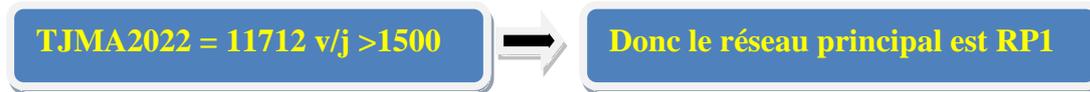


IV.6.2-METHODE DE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

A. Détermination de type de réseau principal :

$TJMA_{2015} = 8900 (V/J)$

Le trafic de la mise en service $TJMA_{2022} = 11712(V/J)$



La route principale présentant intérêt économique et stratégique.

Donc on est dans le **réseau principal de niveau 1 (RP1)**.

B. Détermination de la classe de trafic :

$TPL_i = 11712 \times 0.135 \times 0.5 \times 0.9 = 712 \text{ pl/j/sens}$

DONC la classe de trafic est **TPL5**.



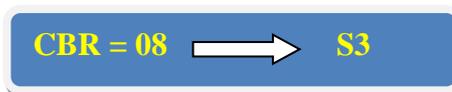
| TPL _i | TPL ₃ | TPL ₄ | TPL ₅ | TPL ₆ | TPL ₇ |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| PL/j/sens | 150-300 | 300- 600 | 600-1500 | 1500-3000 | 3000-6000 |

Tableau IV.6: La classe de trafic

C. Détermination de la portance de sol-support de chaussée (Si):

Présentation des classes de portance des sols :Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

On a : **CBR = 08**.



$E(\text{MPa}) = 5 \times CBR = 08 \times 5 = 40 \text{MPa}$

Donc l'ordre de portance de sol est de **S₃**

➤ Les structures recommandées par le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement :

- Réseau principal niveau RP1
- Zone climatique III
- Duré de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4%
- TPL5
- S₃

IV.6.3-LES DONNEES CLIMATIQUES :

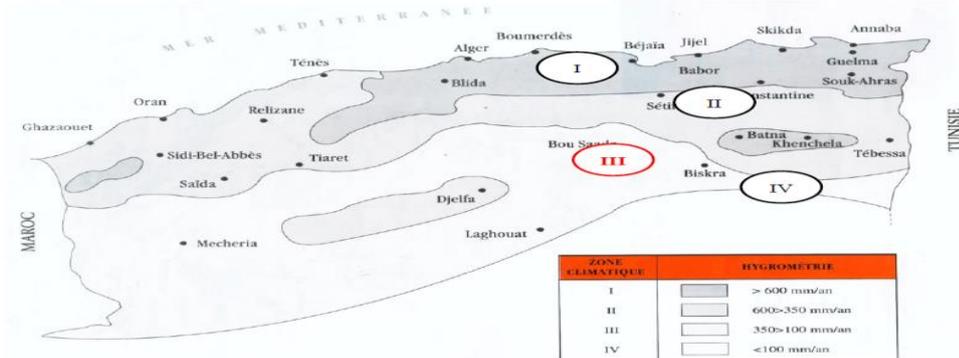


Figure V.4 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1)

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistance ,c'est-à-dire température équivalente (Θeq), en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CCTP 2001) », le site de projet est classé en **ZONE III**.

IV.7-CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANTES DE LA CHAUSSEE :

| TPLi PL/j/scns | S1 | S2 | S1 | S0 | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------|---|------|-------|--------|---|------|-------|--------|
| | 50 MPa | 125 MPa | 200 MPa | | | | | | | |
| 6000 TPL7 3000 3000 | | | | | | | | | | |
| 1500 1500 TPL5 600 600 | | | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>12 GB</td></tr> <tr><td>35 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 12 GB | 35 GNT | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>10 GB</td></tr> <tr><td>20 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 10 GB | 20 GNT |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 12 GB | | | | | | | | | | |
| 35 GNT | | | | | | | | | | |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 10 GB | | | | | | | | | | |
| 20 GNT | | | | | | | | | | |
| TPL4 300 300 | | | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>10 GB</td></tr> <tr><td>30 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 10 GB | 30 GNT | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>10 GB</td></tr> <tr><td>15 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 10 GB | 15 GNT |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 10 GB | | | | | | | | | | |
| 30 GNT | | | | | | | | | | |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 10 GB | | | | | | | | | | |
| 15 GNT | | | | | | | | | | |
| TPL3 150 | | | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>10 GB</td></tr> <tr><td>20 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 10 GB | 20 GNT | <table border="1"> <tr><td>6 BB</td></tr> <tr><td>10 GB</td></tr> <tr><td>15 GNT</td></tr> </table> | 6 BB | 10 GB | 15 GNT |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 10 GB | | | | | | | | | | |
| 20 GNT | | | | | | | | | | |
| 6 BB | | | | | | | | | | |
| 10 GB | | | | | | | | | | |
| 15 GNT | | | | | | | | | | |

Figure4.7 :Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

D’après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, et la zone climatique III (FASCICULE III), on constate :

Notre structure est :

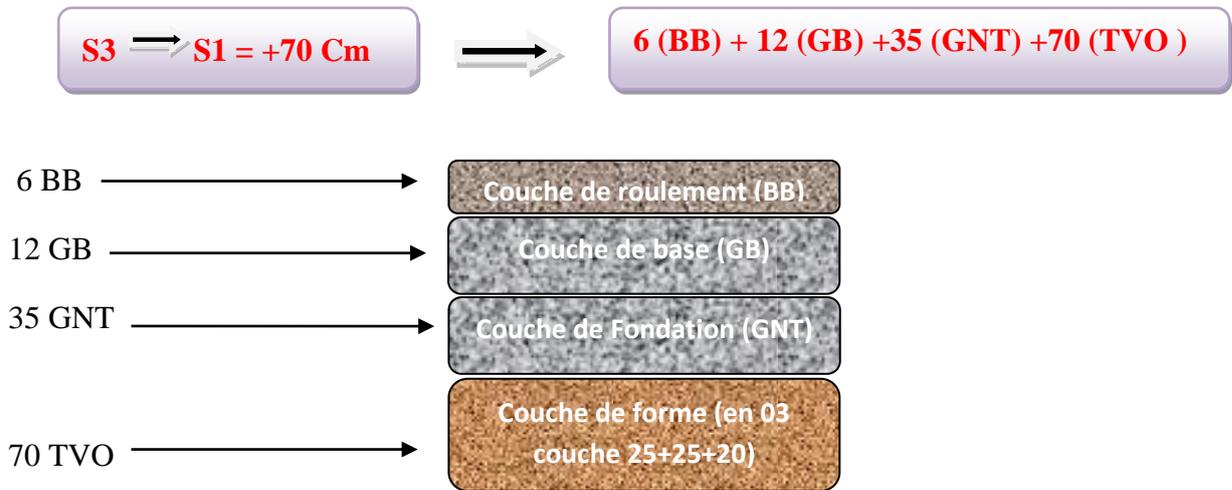


Figure 4.8 : L’épaisseur choisie par catalogue

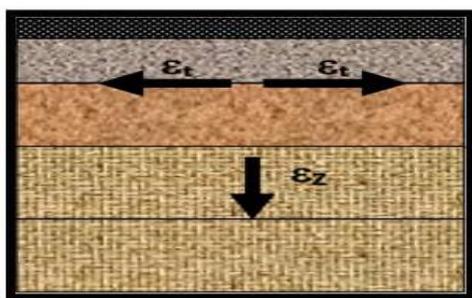
Conclusion :

| couches | Catalogue neuve | CBR | CBR | S(i) | TPL en2022 (PL/J/Sens) |
|-----------|----------------------|-------------------|-----|-------|------------------------|
| CR +CB+CF | 6 BB+12 GB+35 GNT+70 | 6 BB+12 GB+20 GNT | 08 | S3—S1 | TPL5=712 |

Tableau IV.7 : récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée

IV.7.1.VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT:

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l’aide d’alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculée c’est-à-dire respectivement a $\epsilon_{t.adm}$ et $\epsilon_{z.adm}$.



$$\epsilon_z < \epsilon_{z.adm} \text{ et } \epsilon_t < \epsilon_{t.adm}$$

❖ **Les données :**

| Températures équivalents Θ_{eq} | Zone Climatique | | |
|--|-----------------|-----|----|
| | I et II | III | IV |
| | 20 | 25 | 30 |

Tableau IV.8 : Températures équivalents Θ_{eq}

zone climatique III \Rightarrow Températures équivalents $\Theta_{eq} = 25^\circ$

$\Theta_{eq} = 25^\circ\text{c}$

$E(25^\circ, 10\text{ Hz}) = 5500\text{ Mpa}$

| | Classe de trafic TPLi (PL/J/Sens) | TPL ₃ | TPL ₄ | TPL₅ | TPL ₆ | TPL ₇ |
|-------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|
| Risque (%) | GB/GC GB/GNT | 20 | 15 | 10 | 5 | 2 |

Tableau IV.9: Risque adoptés pour réseau RP1

Classe de trafic **TPL₅** \Rightarrow Risque : $R\% = 10$

Risque R % = 10

fractile de loi normale, qui est fonction de risque adopté **t** :

| | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------------|---------|--------|
| r % | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 |
| T | -2.054 | -1.881 | -1.645 | -1.520 | -1.282 | -1.175 | -1.036 |
| r % | 20 | 23 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 |
| T | -0.842 | -0.739 | -0.674 | -0.524 | -0.385 | -0.2530 | 0 |

Tableau IV.10: valeurs de $t = f(r\%)$

Risque : $R\% = 10 \Rightarrow t = -1.282$

t = -1.282

C : coefficient égal à

C = 0.02

| Niveau de réseaux principale « RPi » | Type des matériaux et structure | Valeurs de A |
|--------------------------------------|--|---------------------|
| RP1 | Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC | 0.60 |
| | Chaussées à matériaux traité au liant hydraulique : GL/GL, BCg/GC | 1 |

Tableau IV.11: Valeurs du coefficient d'agressivité A

| Matériau | E(25°,10HZ) (MPa) | E(10°,10HZ) (MPa) | $\epsilon_6(10^\circ\text{c}, 25\text{hZ})$ 10^{-6} | -1/b | SN | S _H (cm) | ν | Kc calage |
|----------|----------------------|----------------------|--|------|------|------------------------|-------|--------------|
| BB | 3500 | -- | -- | -- | -- | -- | 0.35 | -- |
| GB | 5500 | 12500 | 1.00 | 6.84 | 0.45 | 3 | 0.35 | 1.3 |

Tableau IV.12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Alors d'après le Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- Θ_{eq} = température équivalent ($\Theta_{eq} = 25^\circ\text{c}$) $\Rightarrow E(25^\circ, 10\text{Hz}) = 5500\text{ MPa}$.
- ✓ Classe de trafic (**TPL₅**).
- ✓ Risque adoptés pour réseau RP1 (**R%=10**).
- ✓ C : coefficient égal 0.02
- ✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t**).
- ✓ A : coefficient en fonction du Niveau de réseaux principale « RPi » (**A = 0.6**)

IV.7.2. CALCUL DU TRAFIC CUMULE DE POIDS LOURD (TCI) :

$$TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$(1+0.04)^{20} - 1$$

$$TC_i = 712 \times 365 \times 0.04 = 7738727 PL/J/Sens$$

$$TC_i = 7.738 \times 10^6 PL/J/Sens$$

IV.7.3. CALCUL DU TRAFIC CUMULE EQUIVALENT (TCEI) :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

$$= 7.738 \times 10^6 \times 0.6 = 4.643 \times 10^6 PL/J/Sens$$

$$TCE = 4.643 \times 10^6 PL/J/Sens$$

$$TCE = 4.643 \times 10^6 PL/J/Sens \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$$

IV.7.4. CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE AU NIVEAU DU SOL SUPPORT :

$$\epsilon_{z adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE)^{-0.235}$$

$$= 22 \times 10^{-3} \times (4.643 \times 10^6)^{-0.235} = 596.65 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z adm} = 596.65 \times 10^{-6}$$

IV.7.5. CALCUL DE LA DEFORMATION ADMISSIBLE POUR LES MATERIAUX BITUMINEUX :

$$\epsilon_{t adm} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

$$\checkmark K_{ne} : K_{ne} = (TCE_i / 10^6)^b$$

$$\text{avec } -1/b = 6.84 \Rightarrow b = -1/6.84 \Rightarrow b = -0.146$$

$$K_{ne} = (4.643 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} = 0.799 \Rightarrow K_{ne} = 0.799$$

$$K_\theta : K_\theta = \sqrt{E(10^\circ C, 10Hz) / E(\theta \text{ eq}, 10Hz)}$$

$$K_\theta = \sqrt{(12500/5500)} = 1.507 \Rightarrow K_\theta = 1.507$$

$$\checkmark K_r : K_r = 10^{-t \cdot b \cdot \delta} \quad \text{avec } r = 10 \% (TPL_5) \Rightarrow t = -1.282$$

$$\delta : \delta = \sqrt{SN^2 + ((C/b)Sh)^2}$$

$$\Rightarrow \delta = \sqrt{(0.45)^2 + ((0.02/-0.146)3)^2} = 0.609 \Rightarrow \delta = \mathbf{0.609}$$

$$K_r = 10^{-t.b.\delta} \Rightarrow K_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.769$$

$$\Rightarrow K_r = \mathbf{0.769}$$

$$\checkmark = K_c = 1.3$$

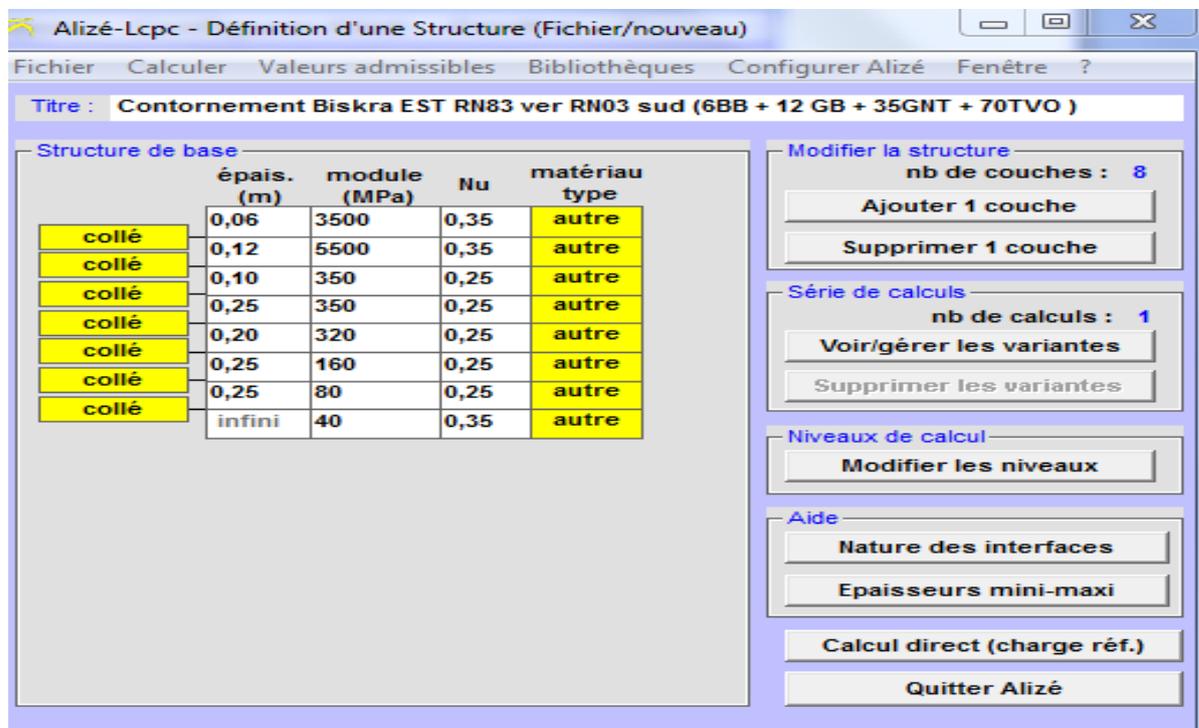
$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.799 \times 1.507 \times 0.769 \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = \mathbf{121 \times 10^{-6}}$$

| | Epaisseur (cm) | Module E (MPa) | Valeur de *K* | Coefficient de poisson |
|------------------------|----------------|----------------|---------------|------------------------|
| Couche de roulement BB | 06 | 3500 | / | 0.35 |
| Couche de base GB | 12 | 5500 | / | 0.35 |
| Couche fondation GNT | 35 | 350 | 2.5 | 0.25 |
| Couche forme TVO | 70 | 500 | 2 | 0.25 |
| Sol support (S1) | / | 40 | / | 0.35 |

TABLEAU IV.13: Tableau de Modélisation

IV.7.6- RESULTATS DE CALCUL PAR ALIZE III LCPC :



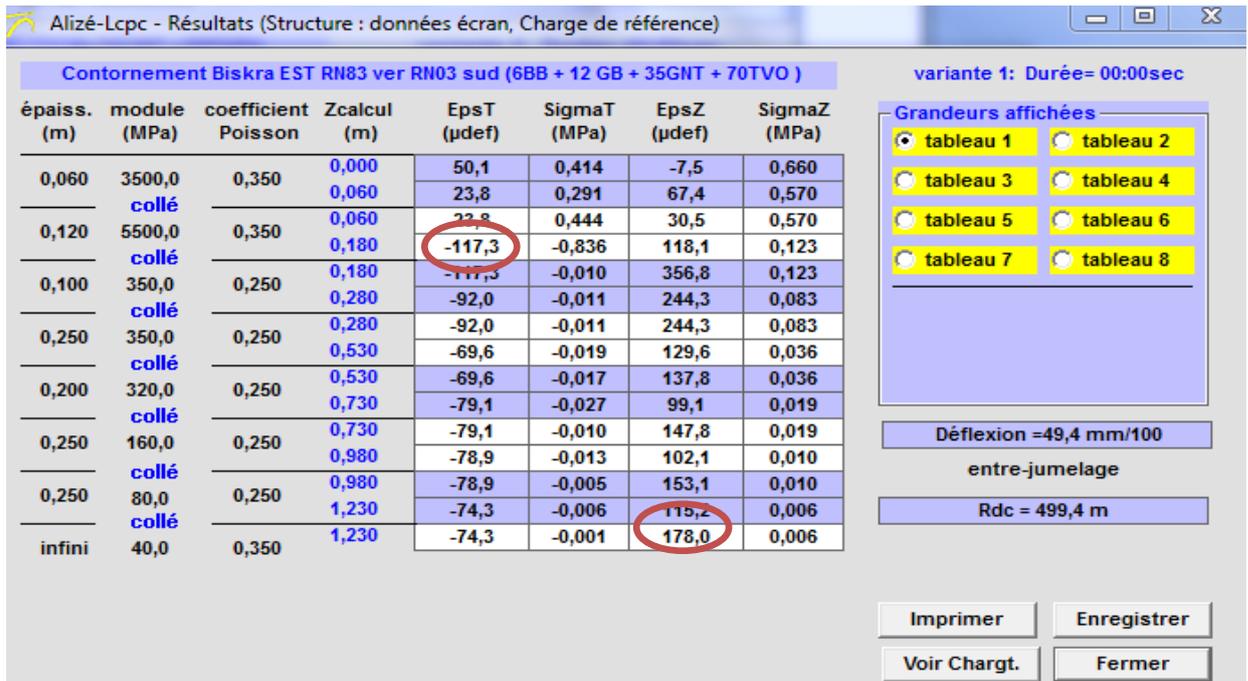


Figure 4. 9: résultats de la simulation

$\epsilon_z = 117.3 < \epsilon_{z adm} = 121$ (Condition vérifiée)

$\epsilon_t = 178.0 < \epsilon_{t adm} = 596.65$ (Condition vérifiée)

est vérifiée :

$\epsilon_t < \epsilon_{t adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z adm}$

IV.7.8. Conclusion :

Donc après les calculs et la vérification des déformations par ALIZE III on prend la structure qui est donnée par la méthode de catalogue algérien.

| | |
|-----------------|---|
| Dimensionnement | Structure de la chausse du projet |
| CTTP | 6 (BB) + 12 (GB) +35 (GNT) +70 TVO |

Tableau I V.14: Les résultats de la méthode retenue

D’après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode, dite du catalogue Algérien, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l’ensemble du tracé.

CHAPITRE -V

ETUDE GEOMETRIQUE

- 1- PROFIL EN LONG**
- 2- PROFIL EN TRAVERS**
- 3- CUBATURE**

ETUDE GEOMETRIQUE

INTRODUCTION :

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain.

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; il se fait à l'aide de clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

I. LEVE TOPOGRAPHIQUE :

+ DEFINITIONS :

- Projection de la route sur le plan horizontal
- Le plan topographique sert de support au tracé (échelle : 1/500ème à 1/100ème)
- On représente l'axe de la route
- On reporte la position des profils en travers.



Figure. 5.1 : .Exemple sur levé topographique.

II. TRACE EN PLAN :

+ DEFINITION :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer une bonne sécurité.

1. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN :

- Appliquer les normes du B40 si possible.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles, si possible.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

2. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

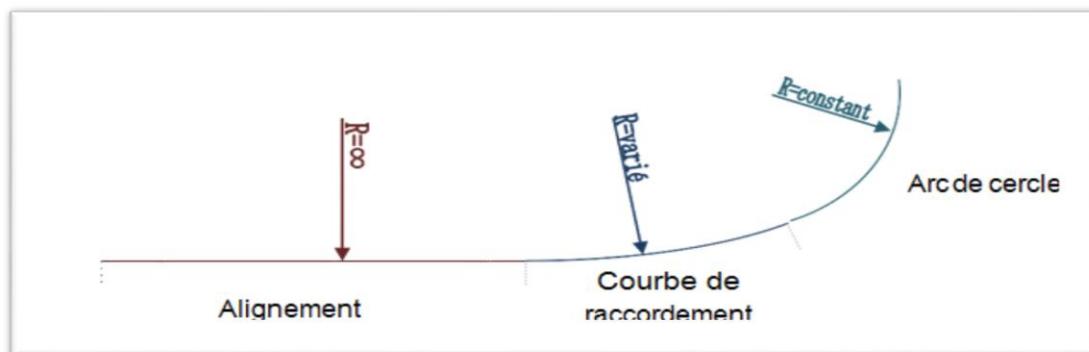


Figure.5.2 : les éléments de tracé en plan

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

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

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

A. Les Alignements:

Peuvent être utilisés comme éléments du tracé, dans des conditions topographiques particulières, par exemple dans les plaines ou dans les larges vallées.

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

➤ **Avantages :**

- ✓ Construction facile.
- ✓ Ligne la plus courte.
- ✓ Absence de forces centrifuges.
- ✓ Bonnes conditions de visibilité.
- ✓ Dépassement aisé.
- ✓ Bonne adaptation aux constructions et aux ouvrages.

➤ **Inconvénients :**

- ✓ De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- ✓ Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
- ✓ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- ✓ Mauvaise adaptation de la route au paysage. Il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

Donc la longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de référence VR, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure et de ses sinuosités.

Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_R}{3.6} \Rightarrow 5 \times \frac{100}{3.6} = 138.88 \text{ m}$$

V_R : vitesse de base en Km/h

Une longueur maximale est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_R}{3.6} = 60 \times \frac{100}{3.6} = 1666.67 \text{ m}$$

NB : Selon B40, entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de $L_{min} = 5v$, et entre deux courbes de sens contraire on a : $L_{min} = 3v$. On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes de sens différent (courbe en « S »).

B. Arcs De Cercle:

- Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:
- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible

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

a. Stabilité En Courbe :

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

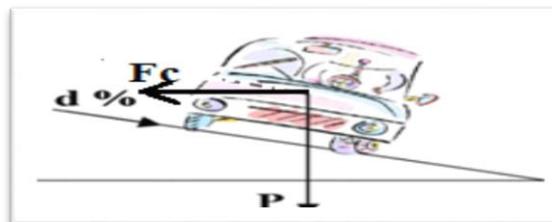


Figure .5.3: Force centrifuge

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

$$R \geq \frac{V_R^2}{g(f_t + d)}$$

Avec :

- V_R : vitesse de référence (m/s).
- g : gravitation (m/s^2).
- f_t : coefficient de frottement transversal.
- d : dévers.

❖ **Rayon minimal absolu (RHm) :**

C'est le rayon qui assure la stabilité des véhicules à la vitesse de référence lorsqu'il est associé au dévers maximal.

Ce rayon est employé généralement dans les conditions les plus difficiles (régions montagneuses).

$$RHm = \frac{V_R^2}{127(f_t + d_{max})} \Rightarrow RHm = \frac{100^2}{127(0.11 + 0.07)} = 437.4 \text{ m}$$

- f_t : coefficient de frottement transversal.= 0.11

| V (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-----------|------|------|------|-------|------|------|
| Cat 1-2 | 0.20 | 0.16 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 |
| Cat 3-4-5 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.125 | 0.11 | |

Tableau V.1. : Coefficient de frottement transversal

Ainsi pour chaque V_R on définit une série de couple (R, d).

Au divers maximum (d_{max}) correspond le rayon minimum absolu RHm. Avec :

| Catégories | Dmax (%) |
|------------|----------|
| Cat 1-2 | 7 |
| Cat 3-4 | 8 |
| Cat 5 | 9 |

Tableau V.2. : Divers maximal

❖ **Rayon minimal normal (RHn) :**

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant V_R de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RHn = \frac{(V_R + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \Rightarrow RHn = \frac{(100 + 20)^2}{127(0.11 + 0.05)} = 708.66 \text{ m}$$

Dans la réalité pour chaque catégorie, on lui associe un devers réel :

$$d = 5\% \implies V > 80 \text{ Km/h}$$

$$d = 4\% \implies V \leq 80 \text{ Km/h}$$

❖ **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

Dévers associé :

$$d_{min} = 2.5\% \implies \text{catégorie 1 - 2}$$

$$d_{min} = 3\% \implies \text{catégorie 3 - 4}$$

$$RHd = \frac{V_R^2}{127(2x d_{min})} \implies RHd = \frac{100^2}{127(2x 0.025)} = 1574.80 \text{ m}$$

❖ **Rayon minimal non déversé (RHnd):**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_R une courbe de devers égal à d_{min} vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

$$RHnd = \frac{V_R^2}{127 \times 0.035} \implies \text{Pour les catégories 1 et 2}$$

Application :

$$RHnd = \frac{100^2}{127 \times 0.035} = 2249.71 \text{ m}$$

$$RHnd = \frac{V_R^2}{127 \times (f'' - d_{min})} \implies \text{Pour les catégorie 3 - 4 - 5}$$

Avec: $f'' = 0,07$ cat. 3 $f'' = 0,075$ cat. 4 - 5

➤ **Pour notre projet :**

(Etude De Contournement De La Ville De Biskra Est liaison RN83 Avec RN 03 sud) situé dans un environnement **E1**, et classé en catégorie **C1** avec une vitesse de référence de $V_r = 100$ Km/h, donc à partir du **règlement B40** on peut avoir le tableau suivant:

| Parameters | symbols | Valeurs |
|--|--------------|---------|
| Vitesse (km/h) | V_R | 100 |
| Rayon horizontal minimal (m) | RHm (7%) | 437.4 |
| Rayon horizontal normal (m) | RHn (5%) | 708.66 |
| Rayon horizontal au dévers minimum (m) | RHd (2.5%) | 1574.8 |
| Rayon horizontal non déversé (m) | RHnd (-2.5%) | 2249.71 |

Tableau V.3: les rayons de tracé en plan

3. VISIBILITE MASQUEE DANS UNE SINUOSITE :

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou une 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.

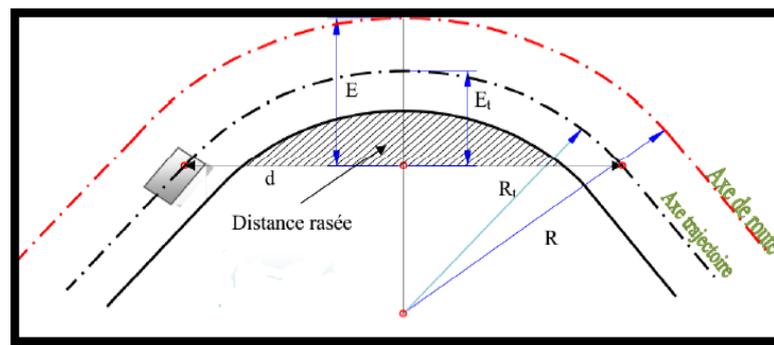


Figure 5.4 : Zone de dérasement

La longueur de dérasement est définie par l'équation suivante :

$$E = \frac{d^2}{2 \times R}$$

Avec : **E** : largeur de dérasement.

d: longueur de visibilité =Md (chaussée bidirectionnel) e t Rt = R – 2,50 m

d =d1 (chaussée unidirectionnel) et E = Et + 2,50m

❖ Sur largeur:

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R} = \frac{10^2}{2 \times 200} = 0.25 \text{ m}$$

- **L**: longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10$ m).
- **R**: rayon de l'axe de la route ($R < 200$ m).

4. LES COURBES DE RACCORDEMENT :

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

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

4-1 - ROLE ET NECESSITE DES COURBES DE RACCORDEMENT :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

4-2- TYPES DE COURBE DE RACCORDEMENT :

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

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

4-3- PARABOLE CUBIQUE :

Equation générale : $Y = \text{constant} \cdot X^3$

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

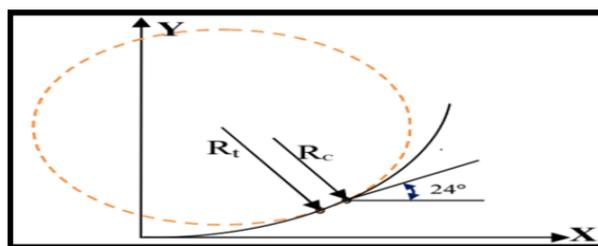


Figure 5.5 : Courbe de raccordement parabole cubique

4-2-1-LEMNISCATE :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

4-2-2-CLOTHOÏDE :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

✓ Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K=C.L \text{ avec } K = \frac{1}{R} \rightarrow L.R = \frac{1}{C} \rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

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

L : longueur de clothoïde.

R : Rayon de la courbe de raccordement.

A : Paramètre de clothoïde.

✓ Éléments de la Clothoïde géométriques de la Clothoïde :

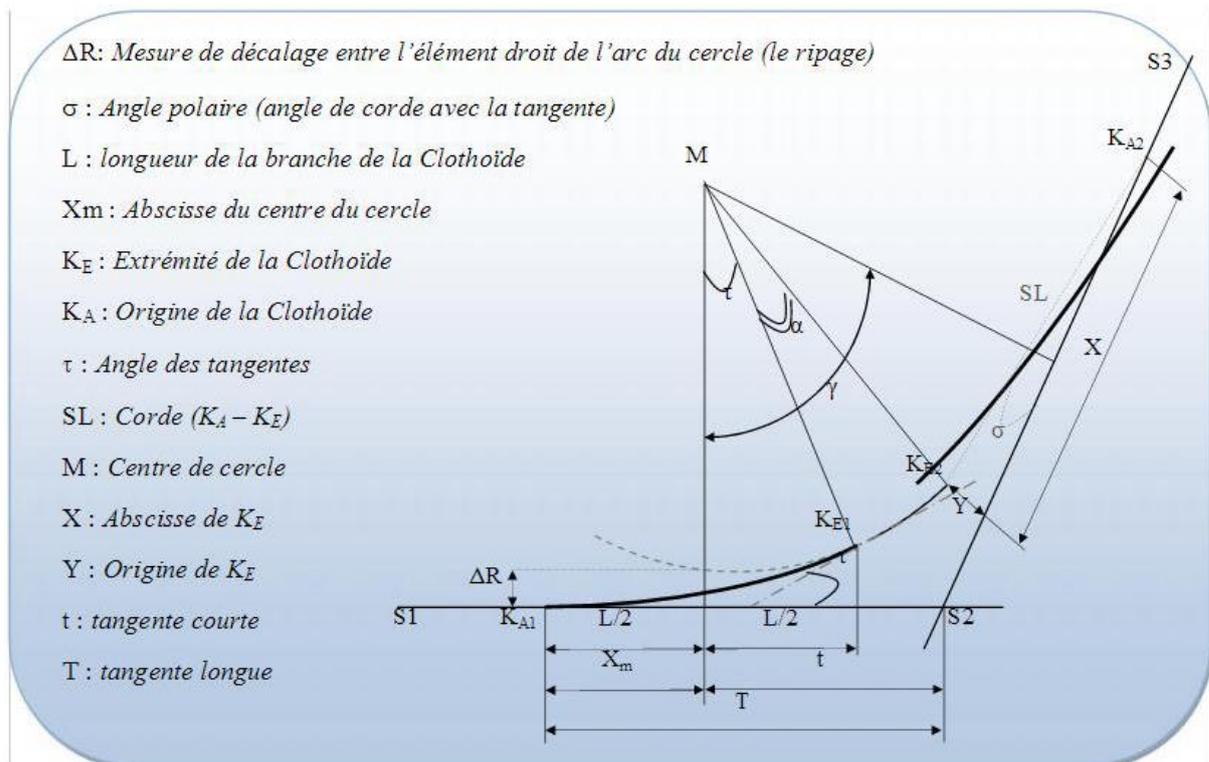


Figure 5.6 : Courbe de raccordement clothoïde

- A : Paramètre de la clothoïde
- M : Centre de cercle
- R : Rayon de cercle
- KA : Origine de la clothoïde
- KE : Extrémité de la clothoïde
- L : longueur de la branche de la clothoïde
- ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit et de l'arc du cercle (le ripage)
- Xm : Abscisse du centre du cercle
- τ : Angle des tangentes
- X : Abscisse de K_E
- Y : Origine de K_E
- T_K : tangente courte
- T_L : tangente longue
- S_L : Corde ($K_A - K_E$)
- σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

5- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

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

5-1- CONDITION DE CONFORT OPTIQUE :

Cette condition permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

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

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

Règle générale (B40) :

- | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ➤ | $R \leq 1500m$ | $\Delta R = 1m$ (éventuellement 0.5m) | $L_{\tau 1} = \sqrt{24R\Delta R}$ |
| ➤ | $R > 5000m$ | $\Delta R = 2.5m$ | $L_{\tau 1} = 7,25\sqrt{R}$ |
| ➤ | $1500 < R \leq 5000m$ | | $L_{\tau 1} = R/9$ |

5-2- CONDITION DE CONFORT DYNAMIQUE :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours et du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

Avec :

$$L = \frac{Vr^2}{18} \left[\frac{Vr^2}{127 \times R} - \Delta R \right]$$

- **L** : longueur de clothoïde.
- **V_r** : vitesse de référence (km/h).
- **R** : rayon en (m).
- **Δd** : variation de dévers.

5-3- Condition de gauchissement :

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

$$L_r \geq (l \cdot \Delta d \cdot v_r) / 50$$

- **L_r** : longueur de raccordement.
- **l** : distance axe de rotation –bord de chaussée.
- **Δd** : variation de dévers en %.
- **V_r** : vitesse de référence (km/h).

N.B: La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times VR}{36}$$

6- COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN:

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite:

6-1- COURBE EN S:

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

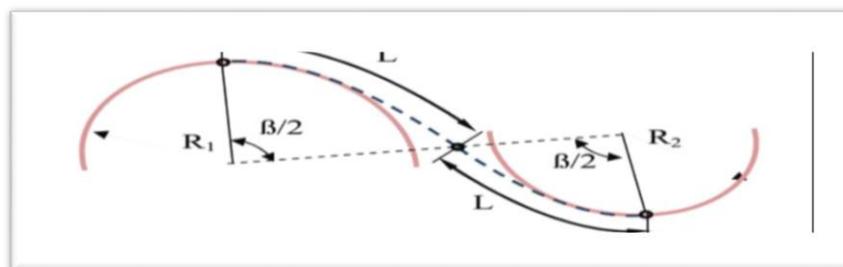


Figure.5.7 : .Courbe en S

6-2- COURBE A SOMMET :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

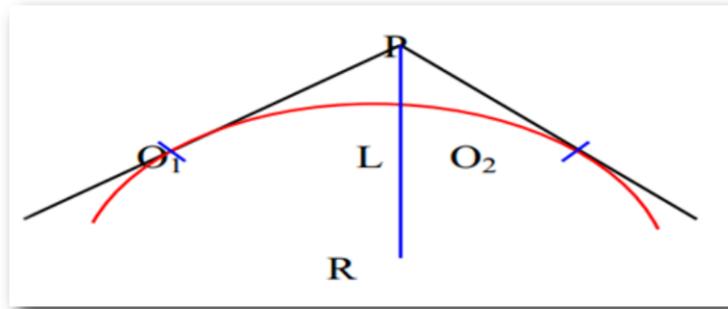


Figure.5.8 : Courbe à sommet

6-3- COURBE EN C:

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

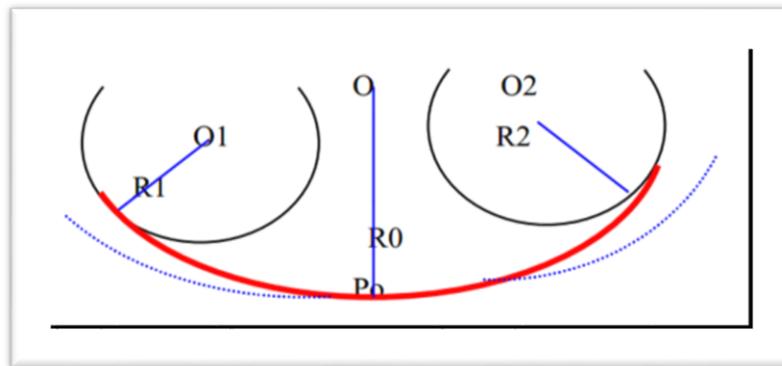


Figure 5.9 : Courbe en C

6-4- COURBE EN OVE:

Un arc de **Clothoïde** raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

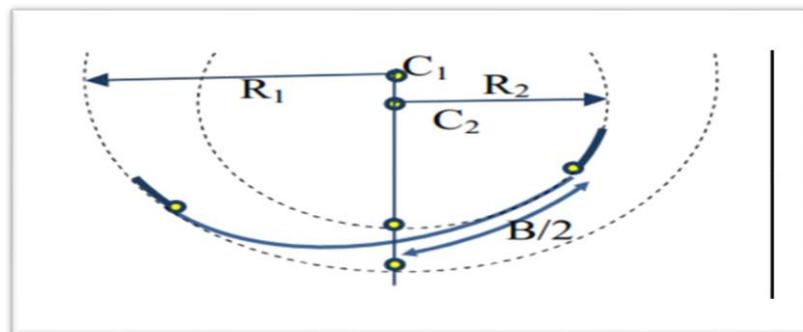


Figure5.10 : Courbe en Ove

7- 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.

A. Devers en alignement :

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à: $d_{min}=2.5\%$

B. Devers en courbe :

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

C. Rayon de courbure :

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente; d'où le rayon de courbure.

D. Calcul des dévers :

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < R_{Hd}$ un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en «1/R».

$$R_{Hm} < R < R_{Hn} \text{ on a: } \frac{d(R) - d(R_{Hm})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hm}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{Hn})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

$$R_{Hn} < R < R_{Hd} \text{ on a: } \frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{Hn}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au devers minimal mais des rayons supérieurs à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

E. Raccordement de dévers :

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%).

Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des **Clothoïdes** :

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la **Clothoïde** jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement en général à une distance D_{min} .

$$D_{min} = \frac{5 \times \Delta d \times VR}{36}$$

Appelée longueur de gauchissement

- Pour les courbes en **S**, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le
- Devers peut unique et peut être conserve.

8- LA VITESSE DE REFERENCE (DE BASE) :

La vitesse de référence (**VR**) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométrique et autre intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'usager (traversée d'une ville, modification du relief, ...etc.).

8-1- CHOIX DE LA VITESSE DE REFERENCE :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Type de la route.
- ✓ Importance et genre de trafic.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécutions et d'exploitation.

8-2-VITESSE DE PROJET :

La vitesse de projet **VP** est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en un point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales :

Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.

- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- ✓ Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

Remarque :

Le listing du profil en long est donné par logiciel **AUTOPISTE** (covadis10.1), les résultats sont joints en **annexe 1**.

PROFIL EN LONG

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il est constitué d'une succession d'alignements droits raccordés par des arcs de cercles concave et convexe.

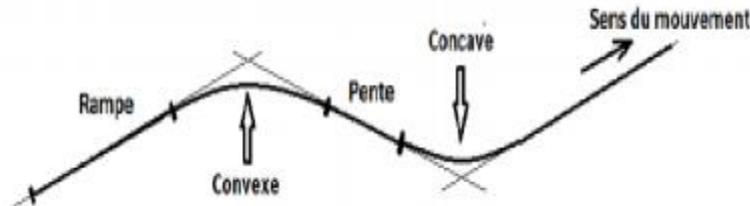


Figure 5.11 : Elément de profil en long

1. DEFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

2. REGLE A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:
- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

- Limité la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq i_{max}$)

3. LES ELEMENTS DE LA COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

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

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

4. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

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

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

5. DECLIVITE :

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

A. Déclivité minimum:

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

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

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

B. Déclivité maximum:

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

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

Donc, La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

| V_R km/h | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| $I_{max}\%$ | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |

Tableau .v.4 : Déclivité maximale Selon le B40

➤ Pour notre cas la vitesse $V_r=100$ Km/h donc la pente maximale $I_{max}=5\%$.

6. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccords :

A. Raccords convexes (angle saillant) :

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

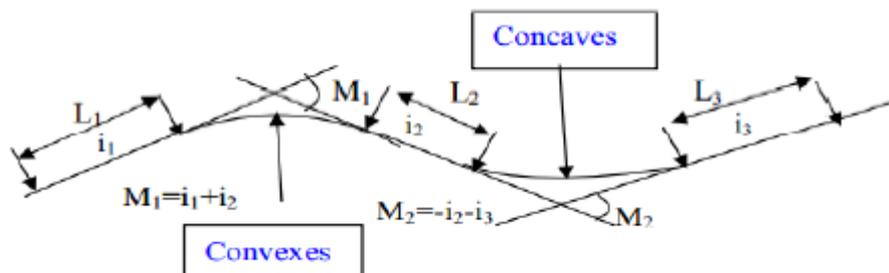


Figure 5.12 : Elément géométrique de profil en long

M : Différence de deux déclivités successives munies de leur signe.

a. Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

$g/40$ pour catégorie 1-2

et $g/30$ pour les catégories 3,4 et 5

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à:

$V_r^2 / R_v < g/40$ Pour $g = 10m/s$

$$R_{v \min} = \begin{cases} 0,3.V_r^2 \text{ pour cat}(1 - 2) \\ 0,23.V_r^2 \text{ pour cat}(3 - 4 - 5) \end{cases}$$

Dans notre cas $R_{v \min} = 0.3V_r^2$ $R_{v \min} = 0.3(100)^2 = 3000m$

Avec:

- R_v : rayon vertical(m)
- V_r : vitesse de référence (Km/h)

b. Condition de la visibilité :

Elle intervient seulement dans le raccordement des points hauts comme condition supplantant celle de condition confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

- d_1 : Distance d'arrêt (m)
- h_0 : Hauteur de l'œil (m)
- h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Dans le cas d'une route bidirectionnelle: $h_0 = 1.1$ m, $h_1 = 0.15$ m

On trouve : $R_v = 0,24.D_1^2$

c. Le confort dynamique:

En angle rentrant, le problème de visibilité ne se pose pas, mais il y a apparition d'une accélération importante (accélération centrifuge) qui influence sur le confort des véhicules.

On distingue deux types de rayon verticaux :

- R_{Vm} : Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse V_r .
- R_{Vn} : Rayon minimal normal calculé pour une vitesse $V_r + 20$.

Pour assurer le confort dynamique des véhicules, on admet qu'une telle accélération est supportable si elle ne dépasse pas :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{g}{40} (g: \text{la pesanteur}) \text{ pour cat}(1 - 2) \\ \frac{g}{30} \text{ pour cat}(3 - 4 - 5) \\ \gamma_c \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow \frac{V^2}{Rv} \leq \frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30} \Leftrightarrow R'v \geq \frac{V^2}{\left(\frac{g}{40} \text{ ou } \frac{g}{30}\right)} \end{array} \right.$$

Si on prend $g=10 \text{ m/s}^2$ et V_r en (km/h) :

- $R'v > 0,3.V^2$ Pour les catégories 1 et 2
- $R'v > 0,25.V^2$ Pour les catégories 3,4 et 5

d. La visibilité nocturne (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$Rv' = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035d_1)}$$

Avec:

- R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.
- d_1 : distance d'arrêt.

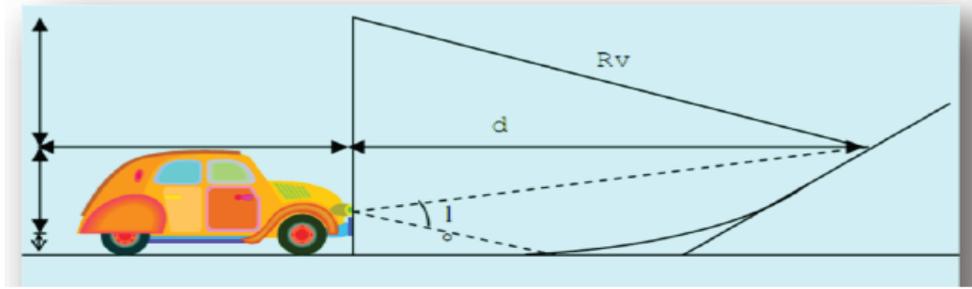


Figure.5.13 : visibilité en raccordement concaves.

e. Condition esthétique :

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

Avec :

$$R_{vmin} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

- Δd : variation de dévers.
- R_{vmin} : rayon vertical minimal.

➤ Pour le cas de Notre projet, on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge, et sont donnés par le tableau suivants (*selon le B40*):

| Categories | | <i>C1</i> |
|-----------------------------|---|--------------|
| Environment | | <i>E1</i> |
| Vitesse de référence (Km/h) | | <i>100</i> |
| Rayon en angle saillant RV | Route unidirectionnelle : (2x2 voies) R _{Vm1} (minimal absolu) en m | <i>6000</i> |
| | R _{Vn1} (minimal normal) en m | <i>12000</i> |
| Rayon en angle rentrant RV | Route unidirectionnelle :(2x2 voies) R' _{Vm} (minimal absolu) en m | <i>3000</i> |
| | R' _{Vn} (minimal normal) en m | <i>4200</i> |

Tableau.5.5 : les rayons de profil en long

PROFIL EN TRAVERS

1. DEFINITION :

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

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « Profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux ...etc.).

2. DIFFERENT TYPE DE PROFILS EN TRAVERS :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

A. Profil en travers type:

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

B. Profils en travers courants:

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

3. LES ELEMENTS DE COMPOSITION DES PROFILS EN TRAVERS:

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

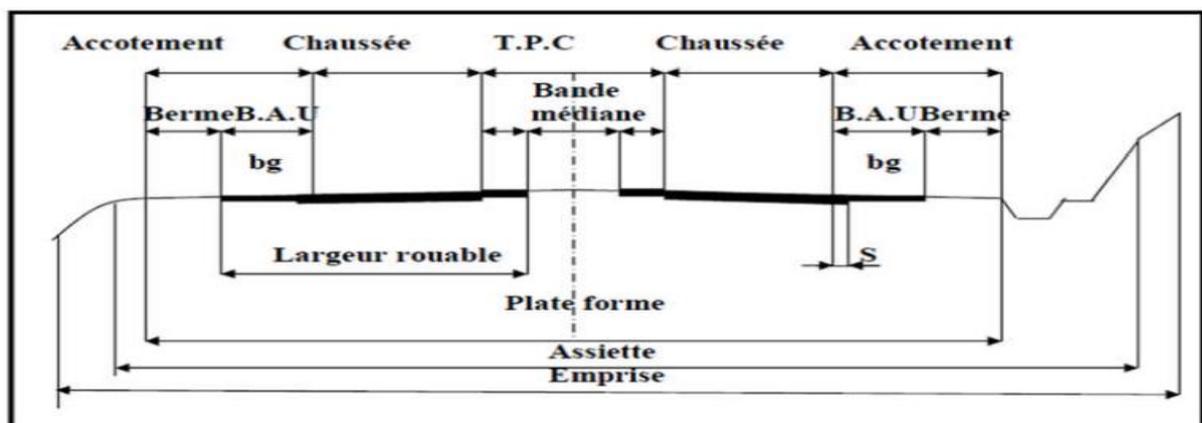


Figure 5.14 : les éléments de profil en travers

A. La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

B. La largeur rouable:

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

C. La plate-forme:

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

D. Assiette:

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

E. L'emprise:

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

F. Les accotements:

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

G. Le terre-plein central:

Le T.P.C assure la séparation des deux sens de circulation, Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

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

H. Berme :

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

I. B.D.G :

Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

J. B.A.U :

Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la Sur largeur structurelle de la chaussée.

K. Sur largeur S :

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

L. Le fossé:

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

M. Le talus:

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

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus.

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

N. La largeur de la chaussée :

La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler.

La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum pour la largeur d'une voie Sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules de tous gabarits qui puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité.

La largeur de voie peut être réduite à 3m(exceptionnellement 2.50 m) sur les routes peu fréquentées.

O. Pente transversale :

La pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface de la chaussée, en alignement droit le profil en travers de la chaussée est caractérisé par une pente transversal varie de 2% à 5% vers l'extérieur.

En courbe, la pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, cette variation de la pente transversale s'appelle : « le dévers »

Les dévers doivent rester constants tout au long de la partie circulaire des virages car 1/R est constant.

P. Point de rotation des dévers :

Le choix du point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux. Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plateforme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord de la chaussée.

4. PROFIL EN TRAVERS DE NOTRE PROJET :Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre projet sera composé d'une chaussée dédoublée.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Deux chaussées de deux voies de 7m chacune : $2 \times (3.5 \times 2) = 14.00$ m
- Avec surlargeur de 0,50 m côté TPC et de 0,25 m côté accotement
- Un terre-plein central de (TPC) = 2.00 m.
- Un accotement de 1.8m à chaque côté droit de la chaussée.
- Fossé forme trapézoïdale : 0,50m x 0,50m x 0,50m
- Talus remblai : 3/2
- Talus déblai : 1/1

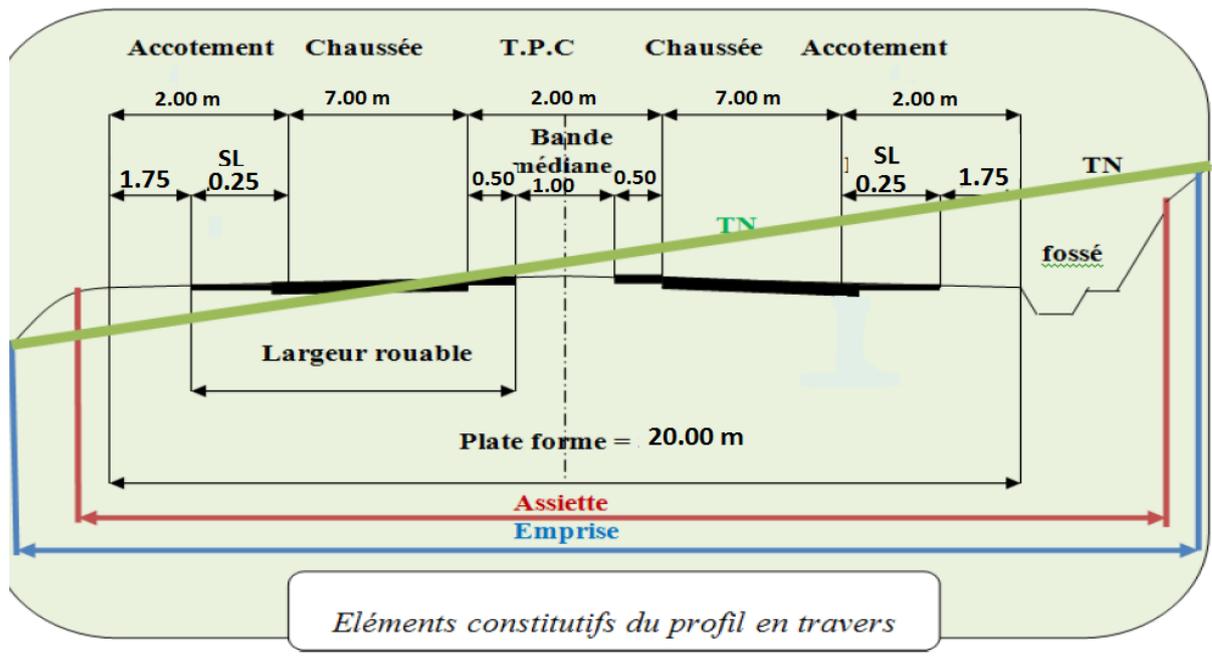
Conclusion :

$-L_{min} = 138.88$ m

$-L_{max} = 1666.6$ m

| | Calcul | B40 |
|-----------------|---------|-------|
| RHm (m) (7%) | 437.4 | 450 |
| RHn (m) (5%) | 708.66 | 650 |
| RHd (m) (2.2%) | 1574.8 | 1600 |
| RHnd (m) (-2.5) | 2249.71 | 2200 |
| RVn1 (m) | 12000 | 12000 |
| R'Vn (m) | 4200 | 4200 |

Tableau V.6 : les valeurs des différentes courbes calculés et selon le B40



Application à notre projet :**Selon ARP : Tracé en plan**

a) - Valeur des rayons conception générale du tracer :

| Catégorie de route | R60 | T80 et R 80 | T 100 |
|----------------------------|-----|-------------|-------|
| Rayon minimal Rm en m | 120 | 240 | 425 |
| Rayon non déversé Rnd en m | 600 | 900 | 1300 |

b) - Valeur des rayons conception générale du tracé :

| Catégorie de route | R60 | T80 et R 80 | T 100 |
|----------------------------------|-----|-------------|-------|
| Rayon au dévers minimal Rdm en m | 450 | 650 | 900 |

c)- Longueur de Clothoide :

| Profil en Travers | Longueur de Clothilde |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Routes à 02 Voies | $L=\inf (6 R^{0.4} - 67)$ |
| Routes à 03 Voies | $L=\inf (9 R^{0.4} - 100)$ |
| Routes à 02x2 Voies (de type R) | $L=\inf (12 R^{0.4} - 133)$ |

Profil en Long :

Caractéristiques géométriques :

| Catégorie de route | R60 | T80 et R 80 | T 100 |
|--------------------------------------|------|-------------|-------|
| Déclivité maximale | 7 % | 6 % | 5 % |
| Rayon minimal en angle saillant en m | 1500 | 3000 | 6000 |
| Rayon minimal en angle rentrant en m | 1500 | 2200 | 3000 |

Conclusion :

$$-L_{min} = 138.88 \text{ m}$$

$$-L_{max} = 1666.6 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

| | | projet |
|----------------|--------------------------------------|--------|
| Axe en plan | Rm (m) | 500 |
| | Rdm (m) | 900 |
| | Long Clothilde | 133 |
| | Rnd (m) | 1300 |
| Profil en long | Déclivité maximale | 5% |
| | Déclivité minimale | 0.30% |
| | Rayon minimal en angle saillant en m | 20000 |
| | Rayon minimal en angle rentrant en m | 20000 |

CUBATURE

1. INTRODUCTION :

La réalisation d'un ouvrage de génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulation ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

2. DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évaluation sont :

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

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

3. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec marges d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10% et ceci dans le but d'être en sécurité.

3.1. Description de la méthode :

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblais pour chaque profil en travers. En utilisant la formule qui calcule le volume compris entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{0\text{moy}})$$

Où : h, S_1 , S_2 et $S_{0\text{moy}}$ désignant respectivement :

- h : La hauteur entre deux profils.
- S_1 :Les surfaces des profils en travers.
- S_{moy} :La surface limitée à mi-distance des profils.

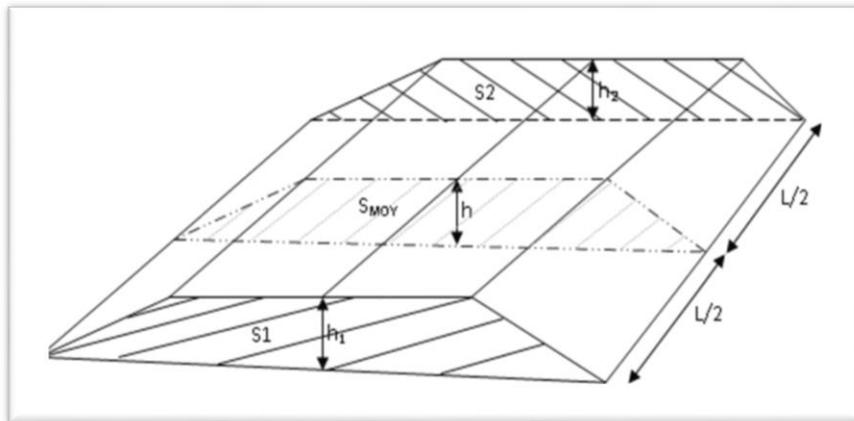


Figure.5.15 :. Les sections des profils en travers d'un tracé donné

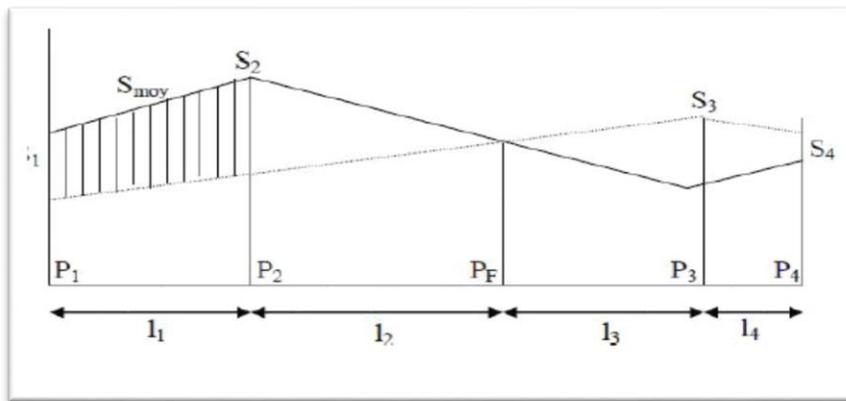


Figure.5.16 :.profil en long cas mixte avec profil fictif

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V_1 = \frac{l_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant très voisines :

$$S_{moy} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Ceci donne :

$$V_1 = \frac{l_1}{2} (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

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

- Entre P2 et PF : $V_1 = \frac{l_2}{2} + (S_2+0)$
- Entre PF et P3 : $V_1 = \frac{l_3}{2} + (0+S_3)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{l_1+l_2}{2} \times S_2 + \frac{l_2+l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3+l_4}{2} \times S_3 + \frac{l_4}{2} \times S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

4. Méthode classique :

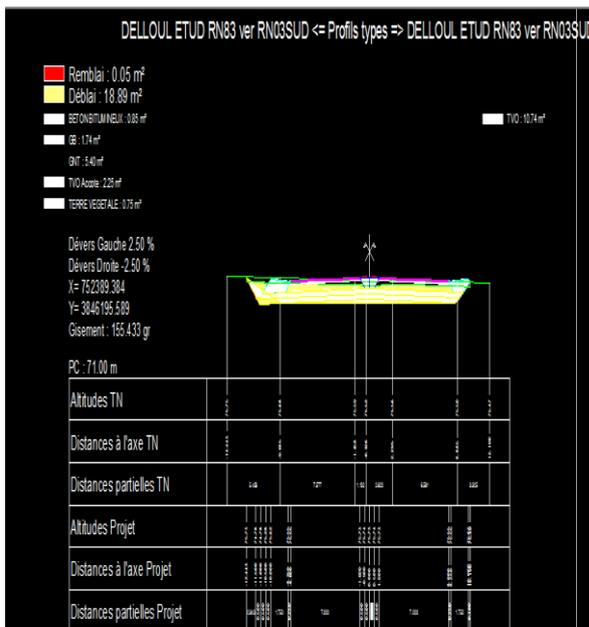
Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

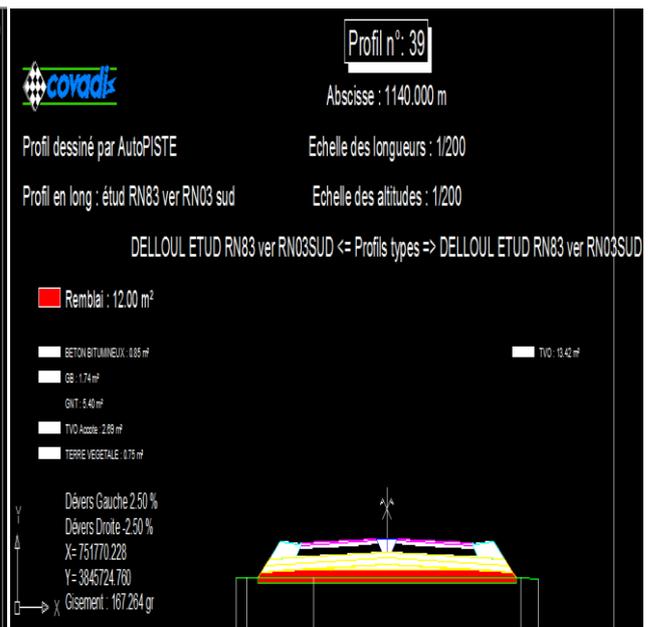
Conclusion :

Les cubatures est calculée la quantité des déblais et remblai pour estimer le cout nécessaire total pour préparer le corps de chaussée.

- Volume de déblais est **31.810,00 m³**
- Volume de remblais est **120.534,00 m³**
- Volume de remblais au niveau des oueds est : (-) **39.271,00 m³**



Profil en travers Déblais



Profil en travers Remblais

CHAPITRE - IV
PROGRAMME GEOTECHNIQUE

PROGRAMME GEOTECHNIQUE

1- INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

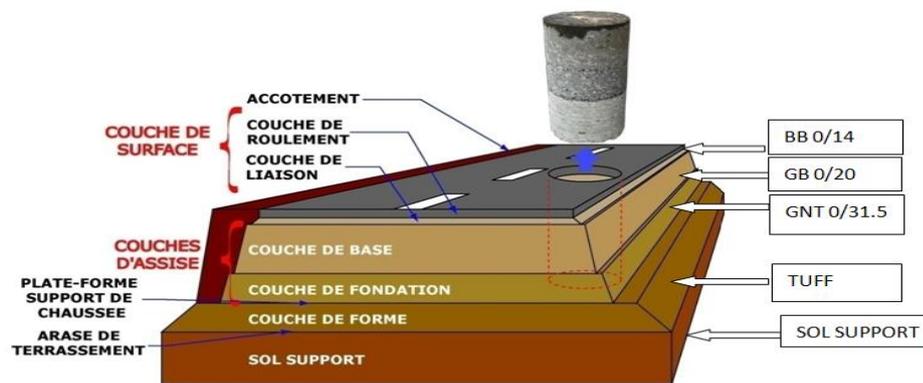


Figure 6.1 : différente couche de corps de chaussée

2- BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support qui sert d'assise pour la structure de la chaussée.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensables, car elle permet :

- En phase d'étude : de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée et choix des matériaux).
- En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec un minimum de risques possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

Cette étude doit aussi permettre de localiser les différentes couches, donner les renseignements de chaque couche, les caractéristiques mécaniques et physiques de sol support.

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

3- RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

3-1- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

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

3-2- L'ETUDE DES ARCHIVES ET DOCUMENTS EXISTANTS :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

3-3- LES VISITES SUR SITE ET LES ESSAIS « IN-SITU » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- ✓ 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.

3-3-1- LA RECONNAISSANCE « IN-SITU » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance « in-situ » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis.

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

❖ Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y 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 :

- **Manuellement :**

Ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

- **A la tarière :**

La tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.

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 plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

- ❖ **Les méthodes géophysique :**

- ✓ **La prospection sismique :**

Le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

| Nature du sol | Vitesse V_p en m/s |
|-------------------|----------------------|
| Argiles et limons | 400 - 1500 |
| Sables et gravies | 300 - 1200 |
| Roches altérés | 800 - 2500 |
| Roches massives | 200 - 6000 |

Tableau VI.1. Quelques valeurs de vitesses d'ondes V_p en fonction de la nature du sol de La prospection électrique.

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau. Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau.

4- Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

4-1- Des essais d'identification :

4-2- Des essais mécaniques :

4-1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

- a- Teneur en eaux (NF P 94- 050).
- b- Masse volumique des sols fins (NF P 94-053).
- c- Masse volumique des particules solides des sols (NF P 94-054).
- d- Analyse granulométrique par tamisage (NF P 94-056).
- e- Analyse granulométrique par sédimentation (NF P 94-057).
- f- Limites d'Atterberg (NF P 94-051).
- g- Equivalent de sable (NF P 18-598).
- h- Essai au bleu de méthylène (NF P 94-068).

4-2- LES ESSAIS MECANQUES :

- Essai Proctor
- Essai CBR
- Essai LOS ANGELOS
- Essai MICRO- DEVAL
- Masse volumique des gravillons
- Masse volumique réelle des sables

4-3- LES ESSAIS SUR LES BITUMES :

- Pénétration à l'aiguille à 25°C
- Point de ramollissement billes et anneaux
- Densité relative à 25°C
- ✓ Autre essais :
- Essai de performance mécanique (essai MARSHALL)

4-1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION :

A- Teneur en eau :

➤ Définition :

La teneur en eau pondérale d'un sol (w) est le rapport de la masse de l'eau interstitielle (mw) par la masse des grains solides (md)

$$W = m_w / m_d$$

➤ **Principe de la méthode :**

Cette méthode permet, avec d'autres paramètres d'apprécier l'état dans lequel se trouve le sol. Elle consiste en la mesure de la perte d'eau d'un échantillon de matériau provoquée par étuvage. Les masses de l'échantillon et de l'eau évaporée sont mesurées par pesage.

➤ **Méthode d'analyse :**

La perte d'eau d'un échantillon de sol est déterminée par étuvage. L'échantillon est pesé avant et après l'avoir étuvé et le calcul de la différence des masses humide et sèche est effectué afin d'obtenir la masse d'eau libérée. L'étuvage est réalisé pendant 24h dans une étuve à 105°C dans le cas d'un sol insensible à la chaleur, ou à 50°C dans le cas d'un sol sensible à la chaleur (sol gypsifère, sol contenant des matières organiques etc.). L'échantillon est soumis à 2 pesées, séparées par un intervalle de 4h à 105°C ou de 8h à 50°C. Il est considéré sec lorsque la différence entre les deux pesées est inférieure à 2‰.

B- La masse volumique des sols fins :

➤ **Définition :**

La masse volumique des sols est un paramètre d'état c'est-à-dire qu'elle définit l'état des sols. Combinée avec la teneur en eau, elle permet de déterminer l'indice des vides, la porosité, le degré de saturation ainsi que la masse volumique du sol sec.

La masse volumique d'un sol (ρ) est le rapport de la masse (m) du sol par son volume total (V_t) occupé.

$$\rho = m / V_t$$

➤ **Principe de la méthode :**

L'essai consiste à mesurer successivement les paramètres masse et volume qui caractérisent un même échantillon de sol.

La masse de l'échantillon est mesurée par pesage. On cherche à déterminer le volume par l'une des deux méthodes suivantes :

✓ **Méthode géométrique :** le volume est calculé à partir des données géométriques de la trousse coupante ou du moule qui contient l'échantillon.

✓ **Méthode par pesées :** le volume est déduit de pesées dont un est faite après immersion de l'échantillon dans l'eau.

✓ **Méthode d'analyse :** L'échantillon soumis à essai doit avoir une forme simple afin de pouvoir être paraffiné facilement. Il sera au besoin taillé afin d'avoir une masse comprise entre 0,1 et 0,5 kg. On mesure la masse de la prise d'essai humide (m_1), et après paraffinage, on mesure sa masse (m_2). L'échantillon est alors immergé dans l'eau en mesurant sa masse (m_3).

C- La masse volumique des particules solides des sols :

➤ Définition :

La masse volumique des particules solides du sol ρ_s est le rapport de la masse de ces particules solides m_s par leur volume V_s

$$\rho_s = m_s / V_s$$

➤ Principe de la méthode :

La masse des particules solides est obtenue par pesage et leur volume est mesuré au pycnomètre.

➤ Procéder de 2 manières :

- méthode de l'éprouvette graduée.
- méthode de pycnomètre (très précise que la méthode de l'éprouvette gradué).

➤ Méthode d'analyse :

La prise d'essai de l'échantillon est de 50g, préalablement passée au tamis d'ouverture de maille carrée = 2mm. On procède ensuite au séchage en mettant la prise d'essai à l'étuve au-delà de 12h, jusqu'à ce que la différence de masse entre deux pesées successives (à 4h d'intervalle si $T=105^\circ \text{C}$ ou 8h si $T=50^\circ \text{C}$) ne dépasse pas 2%. La prise d'essai est divisée par deux puisqu'on effectue deux essais par échantillon.

On introduit chaque prise d'essai dans un pycnomètre et on note la masse totale avant désaéragage (m_2). Il est à noter que le pycnomètre a été préalablement étalonné par pesage, étant vide avec son bouchon (m_1).

On remplit le ballon du pycnomètre d'eau distillée, en prenant soin de chasser les bulles d'air, puis on le met dans une cloche sous vide pendant au moins 30min, jusqu'à disparition complète de tout dégagement gazeux. Après remise à la pression atmosphérique du ballon et de son contenu, on contrôle visuellement qu'après agitation, aucune bulle de gaz ne se dégage. Si ce n'est pas le cas, le processus est renouvelé.

Une fois le dégazage terminé, on remet le bouchon à sa place et on remplit, à l'eau distillée, le tube du bouchon jusqu'au repère et on mesure la masse (m_3).

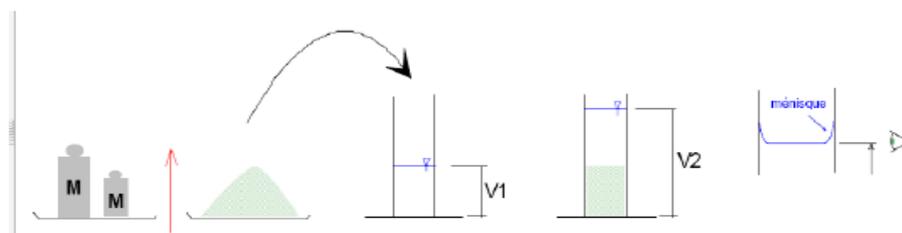


Figure 6.2: Méthode de l'éprouvette

D - Equivalent de sable :

➤ Définition :

L'essai d'équivalent de sable permet de mesurer la propreté d'un sable, il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui floclent. Cet essai s'applique aux sols sableux contenant très peu de particules fines. Il est donc surtout utilisé pour les granulats routiers et les sables pour béton.

➤ Matériels utilisés :

- Eprouvettes en plexiglas avec deux traits repères, et leur bouchon.
- Entonnoir pour introduction du sable.
- Bonbonne de 5l pour la solution la vente avec son bouchon le siphon et tube souple de 1.5 m.
- Tube laveur métallique plongeant.
- Machine agitatrice ;
- Règle métallique pour la mesure des hauteurs de sable et floclat.
- Piston taré à masse coulissant de 1 kg pour la mesure d'ES.

➤ Mode opératoire

- Peser 120g de sable 0/5mm.
- Remplir l'éprouvette jusqu'à 1^{er} repère.
- Verser la quantité dans l'éprouvette à l'aide d'entonnoir et on éliminer les bailles d'air.
- L'essai repose 10 min et mettre le bouchon.
- Mettre l'éprouvette dans l'agitateur régler 175 v₀ et vient 45 secondes.
- L'appareille s'arrête automatiquement puis on lave et on remplir l'éprouvette jusqu'à 2^{ème} repères.
- L'essai repose 20 min son vibration
- Mesurer H₁ (hauteur floclat) et H₂ (hauteur de sable).



Figure 6.3 : Les phases de l'essai d'équivalente de sable

| ES au piston | Nature et qualité du sable |
|--------------|--|
| ES<60% | Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines par un essai au bleu de Méthylène. |
| 60%≤ES<70% | Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton. |
| 70%≤ES<80% | Sable propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité. |
| ES≥80% | Sable très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra compenser par une augmentation du dosage en eau. |

Tableau VI .2 : La nature et la qualité du sable

E- Analyse granulométrique :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

➤ Principe d'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoirs reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes.

➤ But de l'essai :

C'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

➤ Mode opération :

- Avant d'entreprendre l'essai on sélectionne les tamis en fonction de la dimension maximale des grains du sol étudié.
- On lave le contenu du tamis en projet de l'eau pluie à faible débit en brossant les matériaux jusqu'à ce qu'il ne reste que les éléments propres.
- Pèse la quantité de l'échantillon de chaque sable masse
- Versé la quantité de sable sur le tamis supérieure ,même le couvercle en haut et le fond en bas.
- Réglé la tamiseuse 40(amplitude),le temps 20min et mette la série sur la tamiseuse puis le faire marché dans l'ordre mailles décroissantes et agiter manuellement cette colonne de tamis cette colonne est constituée par l'emboîtement des tamis en les classant de haut en bas dans l'ordre de mailles décroissantes.

- Agiter manuellement cette colonne ,puis reprendre un à un les tamisas en commençant par celui qui a la plus grande ouverture en adaptant un fond et un couvercle , on agite chaque tamis en donnant à la main des coups régulière sur le tamis immédiatement.
- Peser le refus du tamis ayant la plus grand maille, soit R1 la masse de ce refus.
- Reprendre la même opération avec le tamis immédiatement inferieur, ajouter le refus obtenus à R1 et peser l'ensemble.
- Soit R2 la masse des deux refus cumulés.
- Pour suivre la même opération avec tous les tamis de la colonne pour obtenir les masses, des différents refus R3, R4,...Rn
- Peser s'il y en a, le tamisât au dernier tamis soit Tn sa masse.
- En fin les calcules :
 - Les résultants des déférentes pèses cumulées sont portés sur une feuille d'essai
 - Calculé les refus cumules (GR), refus cumule(%),tamisat (%).
 - Tracer la courbe granulométrique pour chaque série (sable) puis la comparée avec le fuseau de sable 0/5 pour voir le type de sable.

Pourcentage massique de refus :

$$100 - P = 100 R/m_s$$

Où : **R** : refus cumulés ;

m_s : masse totale initiale de l'échantillon de sol sec.

$$P = 100 (1 - R/m_s)$$

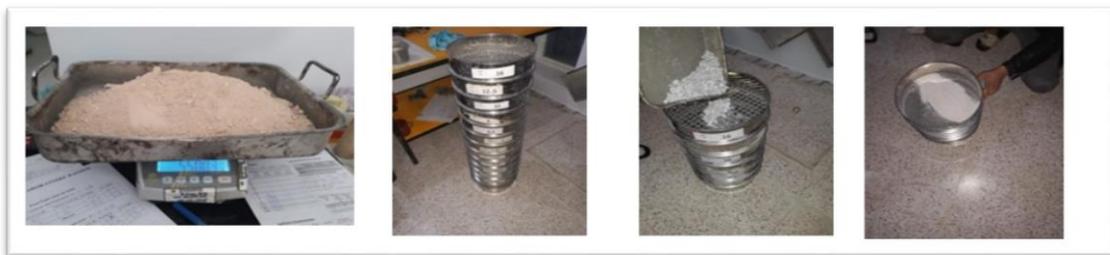


Figure 6.4: les phases de l'essai analyse granulométrique

F- Limites d'Atterberg :

➤ Définitions :

Les limites d'Atterberg sont des teneurs en eau pondérales, caractéristiques du sol. Elles correspondent à des comportements particuliers de celui-ci sous l'action des variations de la teneur en eau. Ces limites sont déterminées sur la fraction de sol passant au travers du tamis 400 μ m. On note :

✓ **La limite de liquidité (w_l)** : est une valeur de teneur en eau qui indique le passage du sol à l'état liquide, elle est obtenue théoriquement par une fermeture correspondant à $N=25$ chocs.

$$W_l = W_x(N/25)^{0.021}$$

W : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups ;

N: nombre de coups.

✓ **La limite de plasticité (w_p)**: teneur en eau d'un sol remanié caractérisant la transition entre un état plastique et un état solide - le sol est durcit et se fissure.

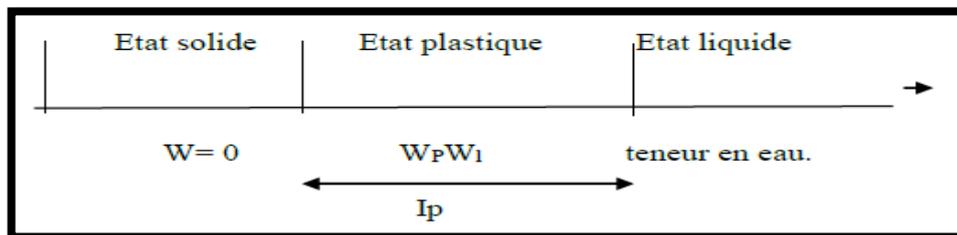
✓ **Indice de plasticité (I_p)**: est une caractéristique du sol, indépendante de sa teneur en eau (cet indice définit l'étude du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité),

$$I_p = W_l - W_p.$$

✓ **Indice de consistance (I_c)** : On appelle indice de consistance I_c le rapport

$$I_c = (\omega - \omega_l) /$$

ω : étant la teneur en eau du sol à l'état naturel.



Ces limites sont très utiles pour identifier et classer un sol.

✓ **principe de l'essai:**

➤ **L'essai s'effectue en 2 phases:**

1) recherche de la teneur en eau w_l pour laquelle une rainure de dimension normalisée, pratiquée dans le sol disposé dans la coupelle de Casagrande, se ferme sous l'action de 25 chocs appliqués de manière normalisée. Recherche de la teneur en eau w_p pour laquelle un cylindre de sol de diamètre 3 à 4 mm et de 10 à 15 cm de longueur.

2) confectionné manuellement, se fissure lorsqu'on le soulève.

➤ **Matériels :**

Etuve, balance 400 gr, Appareil de Casa grande, plaque de marbre.

➤ **But de l'essai :**

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

➤ **Domaine d'application :**

L'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme).

G - Essai au bleu de méthylène :

➤ **Définition :**

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (**VBS**) constitue un paramètre d'identification qui mesure globalement la quantité et l'activité de la fraction argileuse contenue dans un sol ou un matériau rocheux.



Figure 6. 5 :Appareillage de mesure de VBS.

➤ **Principe de la méthode :**

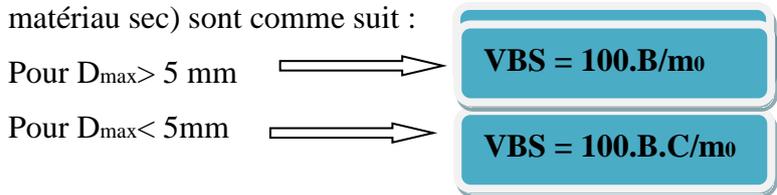
Cet essai consiste à mesurer la quantité et l'activité argileuse d'un sol par dosage de la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur la prise d'essai. Cette valeur est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur au bleu du sol est directement liée à la surface des particules constituant le sol, laquelle est régie par l'importance et l'activité des minéraux argileux présents dans la fraction fine du sol.

La VBS correspond à la quantité de bleu de méthylène absorbée par 100g de particules fines. L'absorption est considérée réalisée lorsqu'apparaît autour de la tache sombre une auréole claire persistante.

➤ **Méthode d'analyse :**

Après avoir déterminé la teneur en eau de l'échantillon, on sépare, de celui-ci, par tamisage, la fraction 0/5mm et on détermine la proportion C de cette fraction contenue dans la fraction 0/50mm. On récupère ensuite une masse m_{h1} allant de 30 à 60g dans le cas des sols très argileux à argileux et de 60 à 120g dans le cas des sols moyennement à peu argileux.

On introduit la prise d'essai dans un bêcher de 3000ml et où on ajoute 500ml d'eau distillée. La solution est homogénéisée par agitation mécanique pendant 5min à 700rpm. Après, on verse à l'aide du dispositif de dosage 5ml de la solution de bleu de méthylène. Au bout d'une minute, on prélève, à l'aide d'une baguette en verre, une goutte de suspension et on la dépose sur un papier filtre. La tache apparaît colorée en bleu sombre entouré d'une zone humide incolore. Il faut répéter l'opération avec des injections successives et des prélèvements de taches chaque minute, et ce jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tache bleue sombre. L'essai est considéré comme terminé quand l'auréole persiste, si elle disparaît avant la 5ème minute, on procède par injection de 2ml de bleu de méthylène chaque minute jusqu'à ce que l'auréole persiste durant les 5min. Les valeurs de bleu (exprimé en grammes de bleu pour 100g de matériau sec) sont comme suit :



B : masse de la solution du bleu utilisée ($B = V \cdot 0,01$) g ;

V : volume totale de la solution du bleu utilisée cm³ ;

m₀ : masse sèche de la prise d'essai ($m_0 = m_{h1}/(1+w)$) ;

m_{h1} : masse humide de l'échantillon constituant la prise d'essai ;

C : la proportion de la fraction 0/5mm contenue dans la fraction 0/50mm du matériau sec.

Le résultat, VBS, s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol.

Remarques : Les ordres de grandeur sont les suivants :

| VBS | Type de sol |
|-----------------|----------------------|
| VBS < 0,2 | sols sableux |
| 0,2 < VBS < 2,5 | sols limoneux |
| 2,5 < VBS < 6 | sols limono argileux |
| 6 < VBS < 8 | sols argileux |
| VBS > 8 | sols très argileux |

Tableau VI .3 : Classification des sols selon la valeur de VBS.

4-2- LES ESSAIS MECANIQUES :

1. LES ESSAIS SUR LE SOL SUPPORT :

Pour connaître les caractéristiques physiques du sol de projet routier il faut défini plusieurs essais, nous avons fais deux essais sont :

- L'essai CBR
- L'essai Proctor modifié

A. Essai de Proctor :

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer

- La stabilité des talus.
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- Le compactage.

L'étude du compactage s'effectue à l'aide d'un dommage normalisé connu sous le nom de « l'essai Proctor »

➤ But de l'essai :

L'essai Proctor a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau optimum Proctor ».

➤ Matériels utilisés :

- L'étude pratique de cet essai nécessite l'usage du matériel suivant :
- Un moule Proctor : qui c'est un tube métallique cylindrique, ouvrable en deux demi-coquilles que l'on peut fixer sur une base, et muni d'une hausse.

. **Dame** : Deux dames sont utilisées en fonction de l'intensité de compactage désiré :

la dame P.N. pour l'essai PROCTOR NORMAL.

la dame P.M. pour l'essai PROCTOR MODIFIÉ.

- Une roteuse métallique amovible.
- Dame dite : « dame Proctor normal » constituée d'un mouton cylindrique de $(51 \pm 0,1 \text{ mm})$.
- Une règle à araser constituée par une lame en acier.
- Une balance.



Figure 6.6: les phases de l'essai Proctor

| Type | Diamètre ϕ (mm) | Masse (g) | Hauteur de chute (mm) |
|------|----------------------|-----------|-----------------------|
| P.N | 50 | 2490 | 305 |
| P.M | 50 | 4535 | 457 |

Tableau VI. 4 : Les caractéristiques de la dame (PN, PM).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre environ 5.5 kg de notre matériau ;
- Ajouter pour chacun des matériaux une quantité d'eau pour avoir les teneurs en eau (4%,6%, 8%, 10%, 12% et 14%...);
- Placer la rehausse sur le moule en 5 couches et donner 55 coups pour chaque couche
- Compacter le sol en trois 05 couches de marnes la dernière couche déborde légèrement sur le haut du moule ;
- Enlever la rehausse et araser soigneusement le haut du moule ;
- Peser le moule avec le sol ;
- Prendre de chaque côté du moule (au-dessus et au-dessous) de ce moule une quantité de sol pour la détermination de la teneur en eau ;
- Répéter l'essai pour des teneurs en eau croissante ;
- Mettre les tares dans l'étuve de 105°C pendant 24heures.

| Caractéristique de l'essai | Essai Proctor normal (Moule PROCTOR) | Essai Proctor modifié (moule C.B.R.) |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Masse de la dame (kg). | 2.490 | 4.535 |
| Hauteur de chute (mm). | 305 | 457 |
| Nombre de couches pour le remplissage du moule. | 3 | 5 |
| Nombre de coups par couches. | 25 | 55 |
| Diamètre du moule (mm). | 101.6 | 152 |

Tableau VI.5 : Les caractéristiques de deux essais (Proctor normal, Proctor modifié).

B. Essai de CBR

➤ **Principe de l'essai :**

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois énergies de compactage. 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

➤ **But de l'essai :**

L'essai CBR est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers.

Il s'agit de déterminer expérimentalement des indices portants (IPI, CBR) qui permettent :

- D'établir une classification des sols (GTR)
- D'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI)
- Déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente \Rightarrow épaisseur diminue)

➤ **Matériels utilisé :**

- Etuve.
- Balance 35 kg.
- Balance 400 g.
- Dame Proctor.
- Moule CBR complet avec surcharge.
- plateau de gonflement.
- comparateur.
- Bac d'immersion.
- Presse CBR.
- Anneau dyn. 30 kN.
- Anneau dyn 60.



Figure 6.7 : les phases de l'essai CBR

2. LES ESSAIS SUR LES MATERIAUX DE CORPS DE CHAUSSEE :

Pour le corps de chaussée nous avons fait une étude de formulation de béton bitumineux 0/14(couche de roulement) et grave bitume 0/20 (couche de base)

Cette étude de formulation permet de connaître le dosage des différents composants de granulats et de liant tout en assurant les performances permettant d'avoir un compromis entre la maniabilité (évolution de pourcentage du vide), la compacité, l'adhésivité, la rugosité, et sortant la résistance l'orniérage.

A. Les matériaux granulaire :

| |
|-----------------|
| Constituants |
| Gravillon 15/25 |
| Gravillon 8/15 |
| Gravillon 3/8 |
| Sable 0/3 |

B. Etude de laboratoire :

Cette méthode consiste à suivre les étapes suivantes :

- ✓ Analyse des agrégats.
- ✓ Analyse de bitume.
- ✓ Etude de composition des mélanges.
- ✓ Essai de performance mécanique sur l'enrobe.

A- Identification des constituants granulaires :**❖ Caractéristiques intrinsèques :**

Les caractéristiques intrinsèques ont concernés :

- **La résistance au choc : ESSAI LOS AGELES (NF P 18-573) :**

➤ But de l'essai :

Mesure de la résistance d'une fraction granulaire à la fragmentation par chocs.

➤ Matériels utilisé:

- Machine Los Angeles.
- Boulets.
- Etuve.
- Balance 15 kg .
- Tamis 1.6 mm

➤ Mode opératoire :

Un échantillon de fraction d/D mm et de masse sèche à 5000g est placé dans un tambour contenant 11 boulets d'acier.

Au cours de l'essai, le tambour effectue 500 tours à une vitesse de rotation comprise entre 31 et 33 tours/min.

La friction des granulats entre eux et des granulats contre les boulets et les parois du tambour provoque leur dégradation plus ou moins accrue.

Le Coefficient Los Angeles (LA) est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant au tamis de 1.6 mm séchés après lavage et la masse sèche initiale des granulats intacts.



Figure6. 8: les phases de l'essai de LOS ANGELOS

| Classe granulaire (mm) | Nombre de boulets | Masse totale de la charge(g) | Nombre de rotations |
|------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|
| 4 – 6.3 | 7 | 3080 | 500 |
| 6.3 – 10 | 9 | 3960 | 500 |
| 10 – 14 | 11 | 4840 | 500 |
| 14 – 25 | 11 | 4840 | 500 |
| 16 - 31.5 | 12 | 5280 | 500 |
| 25 - 50 | 12 | 5280 | 1000 |

Tableau VI.6 : Détermination du nombre de boules, de la masse de la charge et du nombre de rotation en fonction de la classe granulaire.

Finalement, le refus est lavé puis séché à l'étuve à 105° C jusqu'à masse constante.

Expression des résultats :

Le coefficient Los Angles est calculé à partir de la formule suivante :

$$LA = (m/M) \times 100$$

Avec : $m = M - m$

m: masse sèche de la fraction de matériau passant après l'essai au tamis de 1.6mm.

Le résultat est arrondi à l'unité la plus proche.

| Coefficient de los angles | granulats |
|---------------------------|------------|
| LA < 20 | très dures |
| 20 < LA < 25 | dures |
| 25 < LA < 30 | asse dures |
| 30 < LA < 40 | Mais dures |
| 40 < LA < 50 | Tender |

Tableau VI.7 : Détermination de type de granulat en fonction du coefficient de los angles

• **La résistance à l'usure en présence d'eau : essai MICRO – DEVAL (NF P 18-572) :**

➤ **But de l'essai:**

Il a pour but de mesurer la résistance à l'usure par frottement des matériaux.

Une fraction d/D du matériau est soumise à une usure produite par frottements réciproques des grains en présence d'eau et d'une charge de billes dans un cylindre en rotation.

Cet essai peut être réalisé par voie sèche ou humide.

➤ **Matériels utilisés :**

- Machine MICRO DEVAL.
- Billes d'acier.
- Etuve.
- Balance 15 kg .
- Tamis 1.6 mm

➤ **Mode opératoire :**

- Prise d'essai de 500 g lavée et séchée.
- Mise en place dans un tambour avec 5000 g de billes métalliques calibrées et 2.5 L d'eau.
- Appliquer une rotation de 12 000 tours au tambour à la vitesse de 100 tours/minute.
- Retirer alors la prise d'essai, pour lavage au-dessus d'un tamis de 1.6 mm.
- Peser le refus à ce tamis après séchage (M, exprimé en g).
- La résistance à l'usure de l'échantillon est exprimée par un coefficient dit : «coefficient Deval». Le coefficient Micro-Deval MDE est égal à :

$$\text{MDE} = (\text{masse seche (g) du tamisat à 1.6mm après essai}) / 500 \text{ en } \%$$

MDE :est l'un des indicateurs permettant d juger la résistance au trafic de chantier des matériaux granulaire non traités utilisés en couche de forme.



Figure 6.9: les phases de l'essai MICRO-DEVAL

a. Le bitume :

L'analyse du bitume au laboratoire a concerné les caractéristiques suivantes :

- Pénétrabilité à l'aiguille à 25° c (norme T 66-004)

- Point de ramollissement billes et anneaux (norme T 66-008)
- Densité relative à 25°C (norme T 66-007)

➤ **Formulation de mélange bitumineux :**

La démarche suivie est suivante :

- Choix de la formule granulaire.
- Détermination des teneurs en bitume.
- Essai de performances mécaniques.

b. Grave bitume 0/20 :

❖ **Choix de la formule granulaire :**

L'objectif visé est de maîtriser la disposition granulaire du squelette minérale et choisir une formule qui donne un mélange ayant la meilleure aptitude au compactage et qui pourrait conférer une meilleure stabilité au mélange hydrocarboné

Donc, nous avons choisi d'étudier un grave bitume (0/20 catégorie C) qui sera utilisée en couche de base.

Il s'agit d'un mélange composé de quatre classes granulaires. Les pourcentages obtenus sont déterminés d'après la courbe granulométrique de chaque agrégat en tenant compte du fuseau de référence 0/20.

➤ **La composition obtenue est la suivante :**

| Fraction granulaire | Pourcentage pondérale (%) |
|---------------------|---------------------------|
| 15/25 | 20.0 |
| 8/15 | 20.0 |
| 3/8 | 20.0 |
| 0/3 | 40.0 |

La courbe granulométrique du mélange issu de cette formule s'inscrit parfaitement dans le fuseau spécifique d'un grave bitume (0/20).

La disposition granulaire du squelette minérale est donnée dans l'annexe.

➤ **Détermination des teneurs en bitume :**

Les teneurs en bitume sur lesquelles porte l'étude sont évaluées à partir de la formule suivant : **% liant = k.a.5.√Σ**

Avec : Σ : surface spécifique conventionnelle

Dont : Σ = 0.25G + 2.3S + 12s + 135 f en m²/fg avec les proportions pondérales suivantes :

G = est la proportion des éléments supérieur à 6.3 mm

S = est la proportion des éléments compris entre 6.3 et 0.315

s = est la proportion des éléments compris entre 0.315 et 0.08

f = est la proportion des éléments passants au tamis de 0.08

k = module de richesse (pour grave bitume 0/20 varient entre 2.45 et 2.90)

α : coefficient correcteur ; dont $\alpha = 2.65 / MVR_g$

Surface spécifique en $m^2/kg = 11.16$

| Formule | A | B | C |
|-------------------|-------------|------------|-------------|
| K | 2.45 | 2.6 | 2.75 |
| % de liant | 3.96 | 4.2 | 4.44 |

❖ Essai de performances mécanique :

D'après l'analyse des caractéristiques obtenues en fonction de la variante du teneur en liant, il ressort que la valeur optimale est de **4.2** ; l' toléré de **5%**.

Les résultats des essais MARSHALL regroupés dans le tableau situé en annexe

5- APPLICATION A NOTRE PROJET :

➤ RECONNAISSANCE DU SOL:

• Reconnaissance In-Situ :

Le programme de reconnaissance comporte sept (07) puits.

| N° | PK | X | Y | PROFONDEUR (m) |
|----|-----------|------------|-----------|----------------|
| 1 | PK 20+750 | 34.835326° | 5.843071° | 1.50 |
| 2 | PK 22+000 | 34.824584° | 5.839084° | 1.00 |
| 3 | PK 23+200 | 34.813854° | 5.840027° | 2.50 |
| 4 | PK 24+975 | 34.798064° | 5.841069° | 1.00 |
| 5 | PK 29+075 | 34.766806° | 5.817353° | 1.00 |
| 6 | PK 33+050 | 34.744436° | 5.783537° | 1.00 |
| 7 | PK 34+950 | 34.720113° | 5.738769° | 1.00 |

Le sous-sol du terrain est constitué essentiellement d'Argile sableuse, de limons et de marne.

• Résultat des essais au laboratoire :

Sept (07) échantillons remaniés prélevés des puits ont fait l'objet des essais physiques et mécaniques.

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau suivant :

| Puits | Mesures des paramètres naturels | | Analyse granulométrique | | Limites d'Atterberg | | Essai Proctor | | Indice CBR (95% OPM) |
|-----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------|---------------------|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | Densité sèche (g/cm ³) | Teneur en eau (%) | 2mm | 0.08mm | Wl (%) | Ip | γ (T/m ³) | ω _{OPT} (%) | I _{CBR} (%) |
| PK 20+750 | 1.92 | 16.70 | 99.3 | 34.1 | / | / | 1.531 | 17.11 | 9.12 |
| PK 22+000 | / | / | 78.9 | 61.3 | / | / | 1.804 | 90.5 | 13.64 |
| PK 23+200 | 1.80 | 15.00 | 96.7 | 81.1 | / | / | 1.812 | 9.71 | 8.60 |
| PK 24+975 | 1.62 | 19.9 | 90.1 | 24.0 | / | / | 1.689 | 19.59 | 9.78 |
| PK 29+075 | 1.76 | 15.6 | 76.1 | 49.2 | / | / | 1.435 | 13.59 | 8.73 |
| PK 33+050 | 1.62 | 10.70 | 90.1 | 65.1 | 52.0 | 30.03 | 1.435 | 14.32 | 10.45 |
| PK 34+950 | 1.51 | 21.70 | 97.5 | 53.5 | / | / | 1.461 | 13.74 | 13.90 |

classe de portance des sols (d'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1 – Ministère des travaux publics algérienne).

| Portance | Valeur de CBR |
|-----------|----------------|
| S4 | <5 |
| S3 | 5 - 10 |
| S2 | 10 - 25 |
| S1 | 25 - 40 |
| S0 | > 40 |

Tableau VI.8: Classification la portance du sol.

6- CONCLUSION :

De l'examen des résultats des essais de sol effectués sur notre terrain, il ressort que :

* Le sol de fondation de l'ouvrage est composé d'une formation géologique appartenant au terrain sédimentaire composé essentiellement de limons et de sable.

* le pourcentage des éléments dont le diamètre des grains est inférieur à 80μ :

Les échantillons qui ont entre 24 % à 34.1 % : sol sableux et graveleux avec fine de classe B.

Les échantillons qui ont entre 49 % à 81.00 % : un sol fin de classe A.

* D'après les mesures des limites d'Atterberg ces sols sont des sols de hautes compressibilités (IP entre 18 et 30).

* D'après les résultats de l'essai CBR, les matériaux testés varient entre portance moyenne et portance élevée, de classe S3 et S2.

En tenant compte des résultats de l'étude géotechnique, l'indice CBR qui sera pris en compte pour le dimensionnement de chaussée est la valeur minimale **ICBR = 8** qui représente un sol de portance de classe **S3**.

CHAPITRE - VII
ETUDE HYDROLOGIQUE

ETUDE HYDROLOGIQUE

1- INTRODUCTION :

L'eau est un élément qui peut avoir des effets néfastes sur le projet, car il menace le comportement et la pérennité de la route. Le tracé routier projeté, perturbe les écoulements naturels d'eau. Il est nécessaire pour cela de ne pas leur faire barrage, et de les évacuer vers un exutoire en dehors de l'emprise de la voie. On devra étudier avant la projection du profil en long, un rétablissement bassin des écoulements : il y a lieu de faire l'étude hydraulique pour définir les relations entre la pluie sur un bassin versant et le débit à l'exécutoire, cette étude va faire appel à des connaissances sur l'hydraulique de la région.

1.2. METHODOLOGIE A SUIVRE :

Le rétablissement des écoulements naturels se fait par :

- des ponts.
- des ponceaux ou dalots.
- des buses.

On doit calculer ou prévoir le débit de l'écoulement en tenant compte des prévisions des crues, ce débit doit être inférieur à celui de l'ouvrage hydraulique.

En route, les ouvrages devront être conçus pour évacuer les plus grandes crues, on n'accepte en effet aucune inondation et on prend en compte généralement pour des projets si important, les crues qui peuvent se produire une fois par siècle (crue centennale).

Les débits prévisibles de crues dépendent de la superficie S , de la pente (P) et des autres caractéristiques du bassin versant drainé telles que le coefficient de ruissellement et le temps de concentration t_c (temps que mettra une goutte d'eau du point le plus éloigné à l'exutoire) ainsi que des précipitations sur ce bassin .

1.3. DIMENSIONNEMENT :

Le dimensionnement et la construction de ces ouvrages doit être adéquate. Le projecteur a le devoir de s'assurer que les ouvrages suffiront au passage des hautes eaux, sans provoquer des dégâts sur les talus, ni d'affouillement ou d'érosion là où se concentre l'écoulement.

2. ASSAINISSEMENT :

2.1. INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est le premier ennemi de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissances, inondations diminution des conductions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc...) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoqués par les eaux sont engendrés comme suite :

a- pour les chaussées :

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

b- pour les talus :

- glissement
- Erosion
- affouillements du pied de talus.

2.2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement de surface de chaussée (danger d'aquaplaning).
- assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- éviter les problèmes d'érosions.
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

2.3. Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché a donné eux ouvrages tels que dalots, ponceaux ponts. Dépend du début de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations.

Les ouvrages sous les chaussées plus utilisées pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

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

- les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).

- ouvrages transversaux et ouvrage de raccordement (regard, décente d'eau, tête de collecteur des dalots).

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

a) Fossé de pied du talus de déblai :

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

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en longe dépasse les 3%.

b) Fossé de crête de déblai :

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

c) Fossé de pied de talus de remblai :

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

d) Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieur à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

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

e) Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2.50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau.

Elles sont espacée généralement tous les 50 m lorsque la pente en profile en long est supérieur à 1 % .Lorsque la pente est inférieur à 1% leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

2.4. DÉFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUES :

2.4.1. Bassin versant :

Le bassin versant au droit d'une section de mesure est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de cette section. Tous les

écoulements qui prennent naissance à l'intérieur de cette surface topographique passe par la section de mesure pour poursuivre leur trajet à l'aval. Chaque bassin versant est séparé des autres par une ligne de partage des eaux. Cette limite est déterminée sur la carte topographique.

2.4.2. Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

2.4.3. Sacs :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

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

2.4.4. Grille d'introduction :

Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

2.4.5. Fossés de crêtes :

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

2.4.6. Descente d'eau :

Draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

2.4.7. Le regard :

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

2.4.8. Nature et rôle des réseaux d'assainissement routier :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière ; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

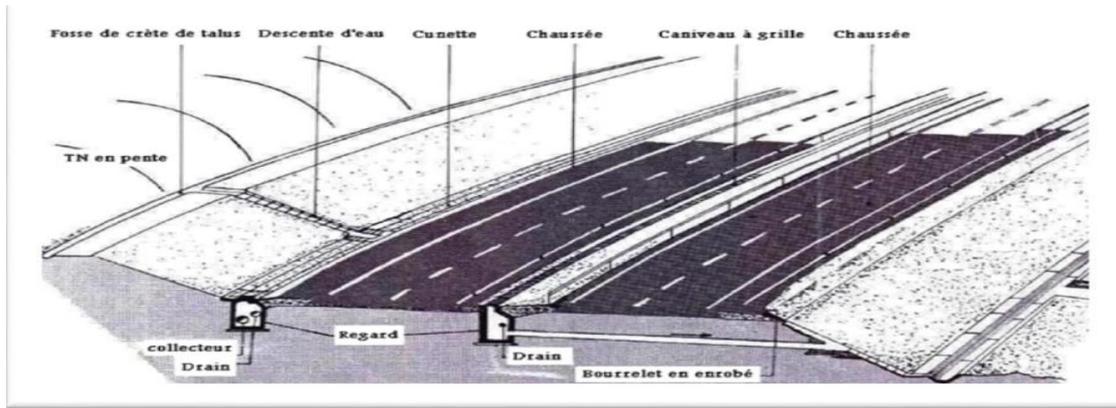


Figure7.1 : Assainissement de chaussée

3. ETUDE HYDROLOGIQUE :

Les calculs hydrologiques permettent l'estimation des débits maximums d'eau générés par les averses rares. Le complexe des facteurs de surface au niveau du bassin transforme les eaux pluviales en ruissellement, qui aboutit dans le chevelu hydrographique et transformé en écoulement fluvial. Les calculs hydrologiques sont fondés sur une identification vraisemblable de cette transformation de la pluie en débit d'eau. Les étapes pour la réalisation de l'estimation des débits maximums sont:

- 1- Collecte des données cartographiques.
- 2- Collecte des données pluviométriques.
- 3- Traitement cartographique.
- 4- Estimation du temps de concentration.
- 5- Estimation des pluies de courte durée.
- 6- Estimation des lames ruisselées.
- 7- Estimation des débits maximums de fréquences données.
- 8- Dimensionnement hydraulique des ouvertures.

3.1. COLLECTE DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES :

A partir de site de L'INSTITUT NATIONAL de Carte et de Télédétection :

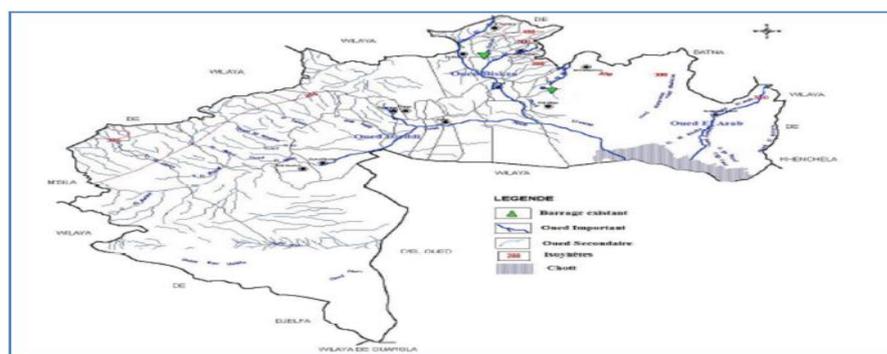
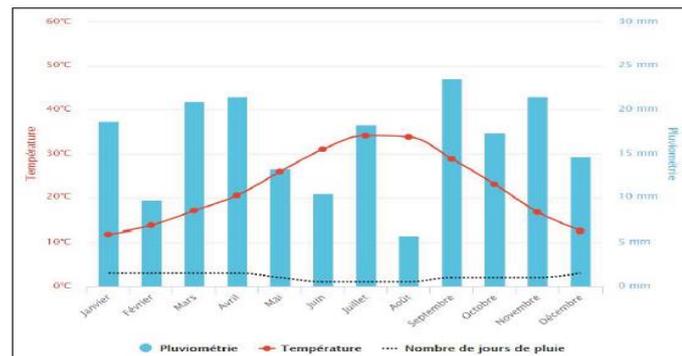


Figure7. 2 : Carte du réseau hydrographique de Biskra

Au mois de juillet, la température moyenne est de 34.1°C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 11.8°C à cette période. Des précipitations moyennes de 5.8 mm font du mois d'août le mois le plus sec. En septembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 23.6 mm. Les études menées à ce jour ont permis de relever une hétérogénéité spatiale de la répartition des précipitations, dans notre zone d'étude, ces dernières variant entre 100 et 500 mm. A ce titre trois zones ont été identifiées :

- La zone située au Sud-Est de Biskra, caractérisée par des précipitations inférieures à 100 mm.
- La zone de grande extension, autour de la ville de Biskra, caractérisée par des précipitations comprises entre 100 et 200 mm. Ce résultat a été enregistré, en parallèle, dans les localités de Branis, Sidi Okba, Ain Naga, Tolga, Doucen, Ouled Djellel et Sidi Khaled.
- La zone située au Nord de Biskra, où se localisent les contrées dont les précipitations varient entre 200 et 300 mm, particulièrement dans les localités de l'outaya et El Kantara.
- La zone des montagnes, comprises entre 300 et 500 mm, localisée dans DjbelHoudja, Fouchi, Metlili et El Azreg.



Figur 7.3 : Température et pluviométrie de Biskra
Diagramme climatique.

3.2. COLLECTE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES :

Les caractéristiques des pluies de courte durée sont obtenues de l'étude générale réalisée par de l'Agence Nationale des Recherches Hydrauliques l'ANRH ces valeurs sont:

- la lame de pluie journalière moyenne maximale **p** ;
- le coefficient de variation des pluies maximales journalières **c_v** ;
- le coefficient climatique **b**.

3.3. TRAITEMENT CARTOGRAPHIQUE :

Le traitement cartographique consiste à traiter les données de la carte topographique par un logiciel approprié (MapInfo Professional 7.5) mais pour notre cas on utilise logiciel Global Mapper 13 qui a le même principe que le logiciel (MapInfo Professional 7.5) et ont déterminé les

caractéristiques morpho métriques et morphologiques de ces bassins (superficie, périmètre ; longueur du thalweg, altitude maximale, altitude minimale et pente longitudinale du thalweg).

| N° BV | oueds | S (km2) | L (km) | Hmax | Hmin | P (%) |
|-------|-------------------|---------|---------|------|------|-------|
| 71 | chaabat | 4.48 | 3.728 | 103 | 70 | 0.89 |
| 72 | oued Chetma | 118.24 | 24.915 | 225 | 62 | 0.65 |
| 73 | Oued SIDI ZARZOUR | 4053.58 | 136.662 | 2308 | 43 | 1.66 |
| 74 | chaabat | 1.48 | 1.056 | 67 | 50 | 1.61 |
| 75 | chaabat | 1.52 | 0.813 | 67 | 50 | 2.09 |
| 76 | chaabat | 3.87 | 0.331 | 71 | 50 | 6.34 |
| 77 | chaabat | 0.16 | 0.309 | 55 | 50 | 1.62 |
| 78 | chaabat | 3.52 | 4.198 | 71 | 50 | 0.50 |
| 79 | chaabat | 0.52 | 0.229 | 53 | 50 | 1.31 |
| 80 | chaabat | 6.32 | 2.239 | 68 | 46 | 0.98 |
| 81 | chaabat | 0.3 | 0.468 | 38 | 36 | 0.43 |
| 82 | chaabat | 0.22 | 0.474 | 38 | 36 | 0.42 |

Tableau VII.1 :Principales caractéristiques des sous-bassins objet de l'étude.

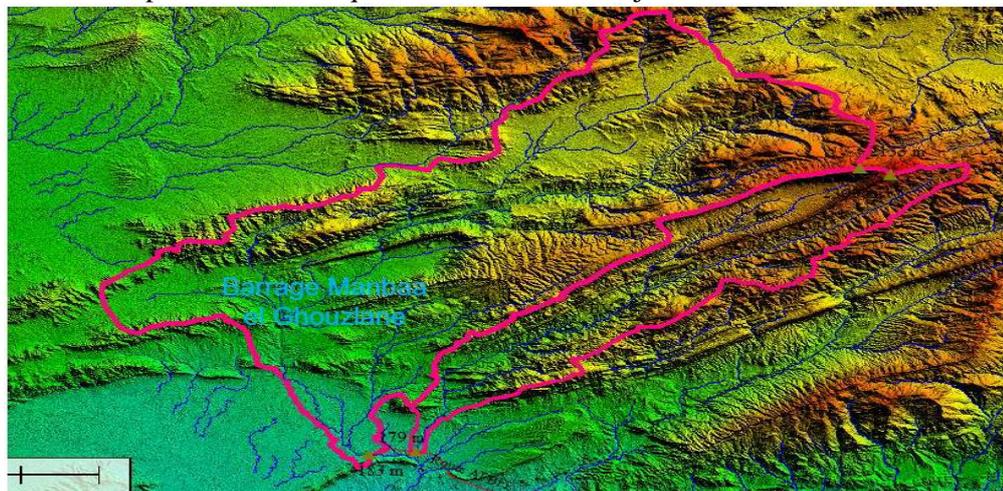


Figure7. 4 : découpage des bassins versants.

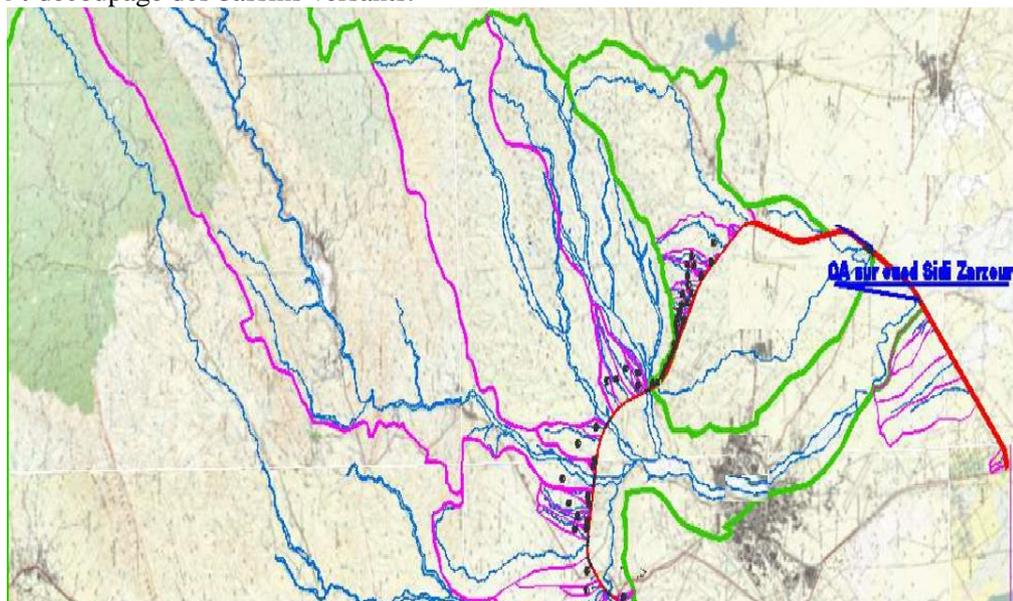


Figure 7. 5 : découpage des principaux bassins versants

3.4. ESTIMATION DU TEMPS DE CONCENTRATION :

Le temps de concentration est une caractéristique importante dans la formation de la crue pluviale et son débit de pointe. Il intègre l'influence complexe des processus hydrauliques et hydrologiques sur les versants et dans le lit de l'oued. Pour les crues, cette variable caractérise la vitesse de propagation de la phase maximale.

Généralement, les méthodes d'estimation des débits maximums des crues pluviale sont fondées sur un concept de transformation des eaux de pluie en eau de ruissellement sous l'influence des facteurs de surface propres au bassin versant et la concentration. Les étapes du calcul sont :

➤ **Formule de Goptchenko :**

Le temps de concentration des petits bassins est la durée nécessaire pour la transformation de la phase pluie en phase écoulement.

La formule de Goptchenko est développée pour les régions steppiques de Sud d'Ukraine. A notre avis, cette formule est justifiée théoriquement par la dépendance de la vitesse de concentration de la surface du bassin et de la pente moyenne du thalweg est appropriée pour les petits cours d'eau.

$$t_c = \frac{l_{ce}}{1.19 \times S^{0.14} \times I^{0.33}}$$

Où : l_{ce} - longueur du cours d'eau en km.

S - superficie du bassin versant en . km²

I - pente moyenne du cours d'eau en ‰.

➤ **Formule LADJEL Mahmoud :**

Développée pour le calcul du temps de concentration fluvial pour les régions semi -arides.

$$t_c = \frac{l_{ce}}{a \times S^b \times I^{0.34}}$$

$$a = \frac{1.08}{p^{0.14}}$$

$$b = 0.17 \times P^{0.08}$$

Avec :

l_{ce} - longueur du cours d'eau, km

S - superficie du bassin versant, km²

I - pente moyenne du cours d'eau, ‰

Les paramètres a et b dépendent de la fréquence P :

3.5. ESTIMATION DU TEMPS DE BASE DE LA CRUE :

$$T_0 = 1/2 \times (P_{j,p\%})^{0.33}$$

Le temps de ruissellement exprimé par :

Le temps de base de la crue T est exprimé sous forme de la somme de temps de montée t_m et de temps de décrue t_d :

$$T = t_m + t_d$$

- Pour le cas des petits bassins versant, c'est-à-dire quand le temps de concentration t_c est inférieur au temps de ruissellement T_0 .

Le temps de montée est exprimé comme suit:

$$T_m = ((2/3)t_c) + (T_0/3)$$

Et le temps de décrue est exprimé comme suit:

$$T_d = T_0/3 ((2) + (t_c/T_0))$$

Pour le cas quand le temps de concentration t_c est supérieur au temps de ruissellement T_0 . Le temps de montée est exprimé comme suit:

$$T_m = ((2/3)t_c) + (T_0/3)$$

Et le temps de décrue est exprimé comme suit:

$$T_d = B \times t_c^B$$

Ou ;

$$B = \Theta / (\Theta - 1)$$

$$B = (H_{\max} - H_{\min}) / l_{ce} \times (S/l_{ce}^2)$$

3.6. ESTIMATION DES PLUIES DE COURTE DUREE :

La pluie de courte durée est déterminée par la relation suivante :

$$P_{t,p\%} = (P_{j,p\%}) \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

La pluie journalière d'une fréquence donnée $P_j, p\%$ est estimée par la loi log-normale :

$$P_{j,p\%} = \frac{p_{\max,j}}{\sqrt{cv^2+1}} e^{up\% \sqrt{\ln(cv^2+1)}}$$

Avec :

$P_{t,p\%}$: La pluie durant t_c de fréquence $p\%$.

$P_{j,p\%}$: La pluie journalière de fréquence $P\%$.

t_c : temps de concentration

b : le paramètre climatique.

$P_{\max,j}$: La pluie journalière maximale moyenne.

C_v : Le coefficient de variation de la pluie maximale.

u_p : La constante de Gauss.

➤ La constance de Gauss données par le tableau suivant:

| Fréquence au dépassement (%) | 50 | 20 | 10 | 5 | 2 | 1 |
|------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Période de retour (années) | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| Constante de GAUSS (U) | 0 | 0,841 | 1,282 | 1,645 | 2,057 | 2,327 |

Tableau.VII.2 :Les constantes de Gauss pour déférent fréquence

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 dimensionnées pour une période de retour **100** ans.

| N° | Désignation | Ptc,p% (mm) | | | |
|----|------------------|-------------|------|------|------|
| | | 1% | 2% | 5% | 10% |
| 1 | Sous-bassin n° 1 | 23.00 | 21.4 | 19.1 | 17.2 |
| 2 | Sous-bassin n° 2 | 31.00 | 28.7 | 25.5 | 22.8 |
| 3 | Sous-bassin n° 3 | 21.40 | 19.9 | 17.7 | 16 |
| 4 | Sous-bassin n° 4 | 22.30 | 20.8 | 18.5 | 16.7 |
| 5 | Sous-bassin n° 5 | 38.30 | 35.4 | 31.2 | 27.8 |
| 6 | Sous-bassin n° 6 | 19.90 | 18.5 | 16.5 | 14.8 |
| 7 | Sous-bassin n° 7 | 32.80 | 30.4 | 27 | 24.2 |
| 8 | Sous-bassin n° 8 | 19.50 | 18.1 | 16.1 | 14.5 |

Tableau.VII.3 :Les pluies de courte durée pour différentes fréquences.

3.7. ESTIMATION DES LAMES RUISSELEES :

La quantité de la pluie qui tombe sur un bassin versant est partagée en plusieurs composantes : L'imbibition du sol, la rétention dans le micro dépressions et dans le sol, la rétention par la Couverture végétale, l'infiltration dans le sol et le ruissellement superficiel. Les quatre premières composantes constituent les pertes totales des eaux pluviales. Alors que la cinquième composante « ruissellement superficiel » engendre le débit maximum. La plupart des formules d'estimation de la lame ruisselée sont exprimées à travers la multiplication de la lame de pluie par un coefficient moyen de ruissellement, qui dépend en premier lieu de la lame de pluie efficace et de l'état hydrologique du bassin versant, qui est définie de la quantité d'humidité encore stockée dans le sol et dépend beaucoup du bilan thermique.

La formule de **Ladjel**, permet l'estimation du coefficient de ruissellement : $\alpha_{tcp, \%}$ exprimé

comme suit :

$$\alpha_{p, \%} = 1 - (P_{tc, p, \%})^{n-1}$$

$$n = 1 - \frac{C_{50\%} \times e^{au p\%}}{\ln(p_{tc, p\%})}$$

$$R_{p\%} = \alpha_{p, \%} (P_{tc, p, \%} - P_0)$$

où :

$P_{tc, P\%}$: Lamme de pluie durant le temps de concentration **tc** et de fréquence **$P\%$** .

tc : Temps de concentration des eaux pluviales du point le plus éloigné, situé sur la ligne de partage des eaux et jusqu'à l'exutoire. En heures.

$\alpha_{p, \%}$, **tc** : Coefficient d'écoulement.

P_0 : Lamme des pertes initiales (seuil de ruissellement), en mm. Dans notre cas **$P_0 = 0$** mm.

Vu la complexité du phénomène hydrologique en générale, le coefficient climatique de Ruissellement **$C_{50\%}$** est estimé sur la base d'une étude régionale. Ce dernier est exprimé

Comme suit :

$$C_{p\%} = C_{50\%} e^{au p\%}$$

Où :

$C_{50\%}$: Coefficient climatique moyen de ruissellement, pris égal à 0.143.

α : Paramètre climatique, pris égal à 0.159.

$U_{p\%}$: Nombre de Gauss correspondant à la fréquence **$P\%$** .

| N° | Désignation | $R_{p\%}$ (mm) | | | |
|----|------------------|----------------------------------|------|------|------|
| | | 1% | 2% | 5% | 10% |
| 1 | Sous-bassin n° 1 | 4.50 | 4.00 | 3.40 | 3.0 |
| 2 | Sous-bassin n° 2 | 6.10 | 5.40 | 4.60 | 3.46 |
| 3 | Sous-bassin n° 3 | 4.20 | 3.80 | 3.20 | 2.70 |
| 4 | Sous-bassin n° 4 | 4.40 | 3.90 | 3.30 | 2.90 |
| 5 | Sous-bassin n° 5 | 6.76 | 6.70 | 5.60 | 4.80 |
| 6 | Sous-bassin n° 6 | 3.90 | 3.50 | 3.00 | 2.50 |
| 7 | Sous-bassin n° 7 | 5.78 | 5.70 | 4.80 | 4.20 |
| 8 | Sous-bassin n° 8 | 3.80 | 3.40 | 2.90 | 2.50 |

Tableau VII.4 : Le ruissellement pour différentes fréquences

3.8. ESTIMATIONS DES DEBITS MAXIMA DE FREQUENCES DONNEES :

Dans la pratique, il y a des formules d'estimation des débits maxima des crues, développées pour les conditions locales dans l'Algérie.

➤ **Formule de Ladjel :**

La formule de Ladjel exprime le débit spécifique:

$$q_{\max} = 0.28x \frac{\beta}{1-e^{\beta}} \frac{R}{T}$$

où: 0.28:coefficient de conversion des unités, quand q_{\max} est exprimé en $m^3 /s.km^2$.

le temps T en heures, la lame ruisselée R en mm et la superficie du bassin versant S en km^2

$$q_{\max} = \ln x \left(\frac{q_{\max}}{q_T} \right)$$

Où: $q_T = k' \cdot 0.28 (R/T)$ - débit caractéristique résidu avec $k' = a \min(R/T)$.

Pour les superficies des bassins versant inférieures à 45 km le coefficient $a \min$ est exprimé comme suit :

$$a \min = (1/98xS^{0.086})$$

➤ **Formule BEJAIA'2000 :**

Le débit maximum de crue est exprimé par : m^3/s

$$Q_{\max} = \frac{1}{3.6} x (m + 1) \frac{R}{T} S$$

où:

$\frac{1}{3.6}$: Coefficient de conversion des unités, Q_{\max} quand est exprimé en m^3/s .le temps T en

heure la lame ruisselée R en mm et la superficie du bassin versant S en m^3/s .

$$m = 3 \left[\frac{1}{\left(\left(\frac{t_c}{T_o} \right)^2 + 1 \right)} \frac{T}{T_o} - 1 \right]$$

➤ **Formule de BEFANI :**

$$Q_{\max} = \frac{1}{3.6} x K x \frac{R}{TC} S$$

$$K = 1.5 x (1 - (0.1x(TO/tc)^2))$$

❖ **Remarque :**

- Le calcul de débit maximum pour les petits bassins versants se faire par formule de **BEJAIA' 2000** (pour majoré le coefficient de sécurité).

- Le calcul de débit maximum pour les grands bassins versant se faire par la formule de BEFANI.
- Les résultats des calculs des débits maximums pour les fréquences rares sont récapitulés dans le tableau.

| N° BV | PK | Stations | S (Km2) | Formule Tc | Tc (h) | Formule débit | Q ₁₀ (m3/s) | Q ₁₀₀ (m3/s) |
|-------|--------|----------|----------|------------|--------|---------------|------------------------|-------------------------|
| 71 | 24+098 | BATNA | 4.480 | Ventura | 2.857 | RATIONNELLE | 4.059 | |
| 72 | 26+900 | BATNA | 118.240 | Giandotti | 20.138 | SCS | | 103.916 |
| 73 | 30+095 | BATNA | 4053.580 | Giandotti | 39.180 | SCS | | 1831.051 |
| 74 | 30+972 | BATNA | 1.480 | Ventura | 1.218 | RATIONNELLE | 2.586 | |
| 75 | 31+228 | BATNA | 1.520 | Ventura | 1.083 | RATIONNELLE | 2.907 | |
| 76 | 31+647 | BATNA | 3.870 | Ventura | 0.992 | RATIONNELLE | 9.502 | |
| 77 | 32+863 | BATNA | 0.160 | Kirpich | 0.131 | RATIONNELLE | 1.554 | |
| 78 | 33+360 | BATNA | 3.520 | Ventura | 3.369 | RATIONNELLE | 2.809 | |
| 79 | 33+898 | BATNA | 0.520 | Kirpich | 0.113 | RATIONNELLE | 5.665 | |
| 80 | 34+786 | BATNA | 6.320 | Passini | 2.635 | RATIONNELLE | 6.094 | |
| 81 | 37+924 | BATNA | 0.300 | Kirpich | 0.302 | RATIONNELLE | 1.535 | |
| 82 | 37+974 | BATNA | 0.220 | Kirpich | 0.306 | RATIONNELLE | 1.113 | |

Tableau VII.5 : quantités de débits max

3.9. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVERTURES :

Le choix des dimensions des ouvertures est vérifié sur la base des calculs hydrauliques. Nous proposons deux variantes de passages :

- ✓ Des ouvertures circulaires (des buses).
- ✓ Des dalots.

Le débit d'eau est calculé par la formule de " MANNING STRICKLER " :

$$Q = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

P_m : Périmètre mouillé .

S_m: Surface mouillée .

Rayon mouillée $R = S_m / P_m$

ks : coefficient de STRICKLER qui dépende de la nature de paroi de l'ouvrage.

J: la pente transversal de l'ouvrage .

3.9. 1. DIMENSIONNEMENT DE FOSSES :

Les fossés sont placer à l'extérieure de la plate-forme dans les sections en déblais ; ils recueillent les eaux de ruissèlement en les écoulant.

D'après le logiciel GLOBAL MAPPER, on extrait les données suivantes :

Longueur maximale entre deux sous-bassins : L en km

L'altitude maximale et minimale de cette longueur :(BV H max en m , H min en m)

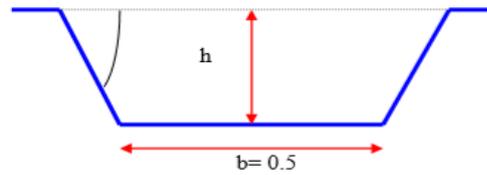


Figure.7.6 : Fossé trapézoïdal

✓ Calcul de la surface mouillée (m^2) :

$$S_m = (b + hm) h$$

Avec : b : La base de fossé .

m : La pente de talus .

h : Profondeur normal.

✓ Calcul du périmètre mouillé (m) :

$$R_h = S_m / P_m ,$$

La base du fossé ($b = 50 \text{ cm}$) est fixée, la pente du talus est fixée ($2/3$),

Donc: on adopte un ouvrage de fossé de : $(0.5 \times 0.5 \times 0.5)$.

3.9.2. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :

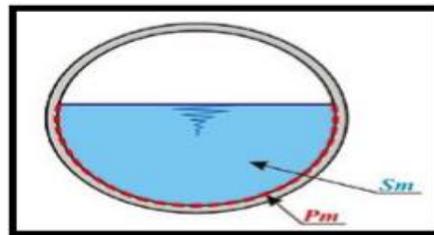


Figure.7.7 :Schéma d'un buse.

$$Q = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Surface mouillée $S_m = \pi \cdot R^2$

$R_h = \text{Rayon hydraulique} = 0.5 R$

$K = 80$

$I = \text{la pente de pose pour notre cas } I = 3\%$

Nous divisons le débit obtenu par la relation de Bejaïa'2000, afin de tenir compte de la présence de deux buses dans le sous bassin n°1. NB :

➤ Pour notre projet l'implantation des buses et les dalots sont résumées dans le tableau récapitulatif ci-dessous .

3.9.3. DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe la hauteur de remplissage à $h_r = 0,8h$.

Le débit de ce sous-bassin par la formule de BEFANI pour fréquence % est : Q_{max} en m^3/s

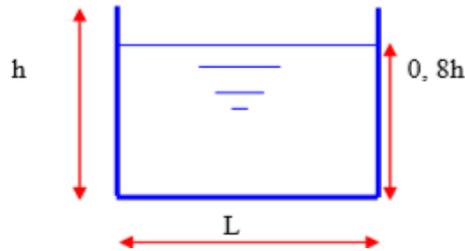


Figure.7.8 : Schéma d'un dalot.

$$Q = K \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Périmètre mouillé $P_m = (2 \times 0.8h) + L$

Surface mouillée $S_m = 0.8x \ h$

Rayon mouillée $R = S_m / P_m$

$K_s = 70$: dalot en béton

$J = 1\%$: la pente transversal de dalot On fixant la largeur $L = 3 \text{ m}$ et on trouve h .

d'après calcule on adopte dalot de $(5 \times 2 \times 2) \text{ m}^2$

| N° BV | Type d'ouvrage | oueds | S (km ²) | L (km) | Q ₁₀ (m ³ /s) | Q ₁₀₀ (m ³ /s) | Dimension d'ouvrage |
|-------|----------------|--------------|----------------------|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 1 | buse | chaabat | 0.19 | 0.745 | 3.187 | | 2Ø1000 |
| 2 | pont | oued Outaya | 2157.9 | 106.67 | | 1257.861 | Pont 03 travées |
| 3 | Buse | chaabat | 3.59 | 3.252 | 4.083 | | 2Ø1000 |
| 4 | Buse | chaabat | 8.17 | 5.829 | 5.677 | | 3Ø1000 |
| 5 | buse | chaabat | 0.73 | 0.53 | 6.365 | | 3Ø1000 |
| 6 | buse | chaabat | 3 | 0.324 | 5.153 | | 3Ø1000 |
| 7 | Dalot | oued Arrtous | 32.3 | 12.788 | | 87.421 | 5*2.00x2.00 |
| 8 | buse | chaabat | 1.22 | 3.47 | 1.991 | | 1Ø1000 |
| 9 | buse | chaabat | 0.09 | 0.121 | 1.772 | | 1Ø1000 |

Tableau VII.6 : caractéristiques physiques des bassins versants et dimension d'ouvrages

| Description | Critère |
|--|--|
| Crue de conception ou débit de projet Q_{projet} | Q_{10ans} |
| Hautes-eaux de conception | La plate-forme doit être placée à 0,5 m minimum au-dessus du niveau des hautes-eaux, sinon l'ouvrage sera submersible. |
| Recouvrement minimum des buses | $0.8xD$ |
| Pentes minimale et maximale | Pente minimale 0,5% Pente maximale de 6%. |
| Vitesse maximale à la sortie | 5 m/s |
| Régime d'écoulement dans l'OH | Compatible au régime de l'écoulement naturel Régime critique dans l'OH à proscrire Ressaut hydraulique en sortie de l'OH à éviter |
| Protection des extrémités | <ul style="list-style-type: none"> - Lorsque la vitesse est inférieure à 1 m/s, un blocage en pierres sur une longueur de 1,5 m à l'amont et à l'aval (type A). - Lorsque la vitesse est comprise entre 1 et 3 m/s, un blocage en pierres sur une longueur de 3 m à l'amont et à l'aval (type B). - Lorsque la vitesse est comprise entre 3 et 5 m/s, un blocage en pierres sur une longueur de 3 m à l'amont et à l'aval et un bassin de dissipation d'énergie à l'amont du blocage en pierres à l'aval (type C). Il est possible d'utiliser des enrochements bétonnés en amont. |

Tableau VII.7 : Critères de conception des dalots et buses

Conclusion :

Annexe 01: Calcul Hydrologique. ANNEXE 1
Projet : Biskra Est

| Données d'entrée | | Calcul Hydrologique avec la formule Rationnel | | | | | | | | | | | Calcul Hydrologique avec la formule SCS | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------|------------|---------------------------------|----------|------------------------------|------|---------|------------------------|-----------|-----------|---|---------|--------|-------|-------|----------------|-----------------|------------------|----------|-------|
| Identification des bassins versant | Caractéristiques du bassin versant | | | | Paramètre de Montana (T=10 ans) | | Coefficient de ruissellement | Hmoy | Pente | Temps de concentration | | Intensité | Débit ruisselé | NCR | S | Pn | Tp | Débit ruisselé | Vitesse moyenne | | | |
| | Identifiant | Surface | Longueur du cours d'eau | Point haut | Point bas | a (T=10) | | | | b | Calculé | | | | | | | | | Formule utilisée | Retenu | i |
| BV | PK | (km²) | L (km) | (m) | (m) | 23.2 | (b>0) | | (m) | (m/m) | (h) | | (h) | (mm/h) | (m²/s) | Vm | | | | (m/s) | | |
| 71 | 24+089 | 4.48 | 3.728 | 103 | 70 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 86.50 | 0.009 | 2.8570880 | Ventura | 2.857 | 10.872 | 4.059 | 1.411 | | | | | | |
| 72 | 26+705 | 118.24 | 24.915 | 229 | 62 | 92.15 | 0.77 | 0.30 | 143.50 | 0.007 | 20.137626 | Giandotti | 20.138 | | | | 86.00 | 41.35 | 58.184 | 13.425 | 103.916 | 1.213 |
| 73 | 30+155 | 4053.58 | 136.662 | 2308 | 43 | 92.15 | 0.77 | 0.30 | 1175.50 | 0.017 | 39.17986 | Giandotti | 39.180 | | | | 86.00 | 41.35 | 58.184 | 26.120 | 1831.051 | 1.931 |
| 74 | 30+972 | 1.48 | 1.056 | 67 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 58.50 | 0.018 | 1.217705 | Ventura | 1.218 | 20.966 | 2.586 | 1.903 | | | | | | |
| 75 | 31+228 | 1.52 | 0.813 | 67 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 58.50 | 0.021 | 1.0827952 | Ventura | 1.083 | 22.950 | 2.907 | 2.169 | | | | | | |
| 76 | 31+647 | 3.87 | 0.331 | 71 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 80.50 | 0.083 | 0.9918901 | Ventura | 0.992 | 24.553 | 9.502 | 3.778 | | | | | | |
| 77 | 32+863 | 0.16 | 0.309 | 59 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 52.50 | 0.018 | 0.1312644 | Kirpich | 0.131 | 116.524 | 1.554 | 1.908 | | | | | | |
| 78 | 33+362 | 3.52 | 4.198 | 71 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 80.50 | 0.005 | 3.3688884 | Ventura | 3.369 | 9.577 | 2.809 | 1.061 | | | | | | |
| 79 | 33+898 | 0.52 | 0.229 | 53 | 50 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 51.50 | 0.013 | 0.113049 | Kirpich | 0.113 | 130.730 | 5.665 | 1.717 | | | | | | |
| 80 | 34+786 | 6.32 | 2.239 | 68 | 46 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 57.00 | 0.010 | 2.6352987 | Passini | 2.635 | 11.570 | 6.094 | 1.487 | | | | | | |
| 81 | 37+924 | 0.3 | 0.468 | 38 | 36 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 37.00 | 0.004 | 0.3017074 | Kirpich | 0.302 | 61.392 | 1.535 | 0.981 | | | | | | |
| 82 | 37+974 | 0.22 | 0.474 | 38 | 36 | 24.4 | 0.77 | 0.30 | 37.00 | 0.004 | 0.3061794 | Kirpich | 0.306 | 60.700 | 1.113 | 0.974 | | | | | | |

ETUDE ET DIMENSIONNEMENTS DES PONTS

1. GENERALITES SUR LES PONTS :

Un ouvrage d'art est une construction de grande importance entraînée par l'établissement d'une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels) mais également un dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs de soutènement, digues) et enfin un dispositif de transition entre plusieurs modes de transport (quais et autres ouvrages portuaires).

De tels ouvrages sont qualifiés « d'art » parce que dans leur conception l'importance de l'aspect esthétique et architectural est majeure. En plus, leur réalisation fait intervenir des connaissances où l'expérience joue un rôle aussi important que la théorie. Cet ensemble de connaissances constitue d'ailleurs ce que l'on appelle l'art de l'ingénieur.

2. PONTS COURANTS :

D'une façon générale, on appelle pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Cette définition est un peu imprécise dans la mesure où elle ne se réfère à aucune notion de dimension, de forme ou de nature d'ouvrage. Pour les petits ponts hydrauliques, on parle couramment de ponceaux ou de dalots. À l'inverse, on emploie de préférence le terme de viaduc lorsqu'il s'agit d'un ouvrage de grande longueur possédant de nombreuses travées et généralement situé en site terrestre.

Les ponts courants désignent la majorité des ouvrages d'art ; ils sont définis généralement par complémentarité aux ponts non courants caractérisés eux-mêmes par :

- ✓ les ponts possédant au moins une travée de 40 m de portée,
- ✓ les ponts de longueur totale supérieure à 100 m,
- ✓ les ponts dont la surface totale du tablier dépasse 1 200 m²,
- ✓ Les ponts mobiles,
- ✓ les ponts canaux,
- ✓ les ouvrages se caractérisant par des difficultés particulières de dimensionnement, de conception ou de réalisation, relevant de techniques de construction innovants, présentant des géométries complexes (biais ou courbure importants...), nécessitant des travaux de fondations spéciaux, des études particulières (effets dynamiques)

3. CLASSIFICATION DES PONTS :

Il est extrêmement difficile de classer les ponts en différentes catégories, car il existe de très nombreux critères de classement. On aura ci-dessous une liste non exhaustive de critères de classification avec quelques exemples illustrés.

3.1. SELON LA FONCTION DU PONT :

La fonction d'un pont diffère d'un ouvrage à un autre. On peut trouver des :

- **Ponts route** : portant une route permettant la circulation des véhicules
- **Ponts rail**: supportant les chemins de fer
- **Passerelles à piétons** : réservées uniquement au passage des piétons
- **Ponts aqueduc** : permettent le passage des canalisations d'eau
- **Ponts canaux** : permettent à un cours d'eau navigable, généralement un canal, de franchir un obstacle en creux.
- **Ponts pour avions** : permettent aux avions de franchir un obstacle dans les aéroports.



Figure 7.9 : Pont-avion à l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle **Figure**. Pont canal

3.2. SELON LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION :

Les ponts peuvent aussi se distinguer par leurs matériaux de construction :

- **Pont en maçonnerie** : construit en pierre, ce pont ne travaille qu'en compression.
- **Pont en béton armé** : ce type de ponts est couramment utilisé vu que le coût du béton armé est assez économique par rapport aux autres matériaux.
- **Pont en béton précontraint** : les éléments porteurs sont munis de câbles précontraints. Cette technique aide à diminuer le nombre d'appuis.
- **Pont métallique** : en Tunisie, les ponts métalliques ne sont pas très utilisés à cause du coût élevé de l'acier et de son entretien.
- **Pont mixte** : ce type de pont présente en général des appuis en béton armé avec des éléments porteurs en charpente .

3.3. SELON LA NATURE DES ELEMENTS PORTEURS :

Les éléments porteurs sont les responsables à réagir aux charges permanentes et d'exploitation du tablier en travaillant à la flexion. On peut trouver :

➤ **Pont à poutres** : les poutres peuvent être en béton armé et dans ce cas elles ont une section rectangulaire simple. Pour les poutres en béton précontraint la section est modifiée avec un talon pour bien loger les câbles de précontrainte. Les poutres peuvent être à travées continues coulées sur place ou bien préfabriquées à travées indépendantes.



Figure 7.10 : Pont à poutres à travées indépendantes en béton armé



Figure 7.11 : Pont à poutres à travées indépendantes en béton précontraint

- **Pont dalle** : les dalles ont une section d'aspect général rectangulaire qui peut avoir un encorbellement latéral ou des nervures.
- **Pont en arc** : ce type est généralement parmi les anciens ponts en acier, en maçonnerie ou, en béton armé coulé sur place. Il nécessite un échafaudage et un cintre (étaie) important et souvent coûteux. En revanche, ces ponts ont très esthétiques.
- **Pont en poutre-caisson** : c'est un pont dont le tablier est constitué par un assemblage de caissons .
- **Pont à câbles** : ce type est employé dans le cas des portées importantes notamment en milieu marin. On distingue dans cette catégorie les ponts suspendus et les ponts à haubans. Les premiers ont leur tablier attaché par l'intermédiaire de tiges de suspension verticales à un certain nombre de câbles flexibles ou de chaînes dont les extrémités sont reliées aux culées, sur les berges. Quant aux ponts haubanés, ils tiennent grâce à de nombreux câbles obliques partant d'un pylône supportant le tablier qui supportera en fin de compte tout le poids du pont.

3.4. SELON LA POSITION EN PLAN :

La position en plan est la direction des appuis par rapport à celle du tablier. On distingue des :

- **Ponts droits** : Ce sont les ponts dont les lignes d'appuis font un angle droit avec l'axe du pont.
- **Ponts biais** : Ce sont les ponts dont les lignes d'appuis font un angle (différent de l'angle droit) avec l'axe du pont. Il faut limiter dans la mesure du possible l'angle de biais, il ne doit pas trop s'éloigner de l'angle droit.

➤ **Ponts courbes** : Ce sont les ponts dont l'axe présente une courbure. Il faut éviter ce genre de pont dans la mesure du possible. Si cela est inévitable, il faut alors adopter une courbure constante.

4. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN PONT :

4.1. Tablier : C'est la partie supportant la voie de circulation. Il comporte le revêtement, l'ossature et tous les autres équipements à savoir les dispositifs de retenue (garde-corps ,glissière, séparateur) les joints de chaussée, les corniches , les trottoirs, les systèmes d'étanchéité et d'évacuation d'eau.

4.1.2. Appuis : Les appuis ont pour rôle de supporter l'ouvrage à partir du niveau de la surface du sol. On distingue les culées qui sont les appuis de rive et les appuis intermédiaires qui peuvent se présenter soit sous la forme de voiles ou bien de colonnes surmontées par un chevêtre.

Le rôle des appareils d'appui est de faire reposer le tablier sur les piles tout en permettant son léger déplacement horizontal et vertical sous l'effet des charges routières. Le modèle le plus courant des appareils d'appui utilisés est celui en élastomère fretté.

4.1.3. Fondation : La fondation d'un ouvrage permet la transmission des charges vers le sol. Le type d'une fondation varie selon la nature du sol ; si le bon sol n'est pas très profond on peut se contenter d'une fondation superficielle (semelles isolées ou filantes). Dans l'autre cas il faut adopter une fondation profonde (pieux) qui serait surmontée d'une semelle de liaison.

4.2. DONNEES NECESSAIRES POUR UN PROJET DE PONT :

La conception d'un pont doit satisfaire à un certain nombre d'exigences puisqu'il est destiné à offrir un service à des usagers. On distingue les exigences fonctionnelles (ou données fonctionnelles) qui sont l'ensemble des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles (ou données naturelles) qui sont l'ensemble des éléments de son environnement déterminant sa conception.

4.2.1. Données fonctionnelles : Les données fonctionnelles pour un projet de pont sont :

❖ **Le tracé en plan** : est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée, dessinée sur un plan de situation et repérée par les coordonnées de ses points caractéristiques. Cet axe n'est pas forcément l'axe de symétrie de la structure ou de la chaussée.

❖ **Le profil en long** :est la ligne située sur l'extrados de l'ouvrage (couche de roulement mise en œuvre) définissant, en élévation, le tracé en plan. Il doit être défini en tenant compte de nombreux paramètres liés aux contraintes fonctionnelles de l'obstacle franchi ou aux contraintes naturelles, et en fonction du type prévisible de l'ouvrage de franchissement.

4.2.2. Données naturelles :

4.2.2.1. Données géotechniques : Les données géotechniques sont évidemment fondamentales dans l'étude d'un ouvrage. Non seulement elles déterminent le type de fondation des appuis, mais elles constituent l'un des éléments du choix de la solution pour le franchissement projeté. Elles sont obtenues à partir d'une reconnaissance qui doit donner les informations désirées sur le terrain naturel, le niveau de la nappe et les niveaux possibles des fondations.

4.2.2.2. Données hydrauliques : Lorsqu'un ouvrage franchit un cours d'eau ou un canal, un certain nombre de renseignements sont nécessaires. En dehors du relevé précis de la topographie du lit, il convient de connaître les niveaux de l'eau qui influent sur la conception générale du franchissement et son implantation dans l'espace. Les principaux renseignements sont les niveaux correspondant aux PHEC (plus hautes eaux connues), PHEN (plus hautes eaux navigables). Le niveau des PHEC permet de caler le profil en long de l'ouvrage.

Choix de Projet :

Dans ce chapitre, on va présenter le travail réalisé pour la conception de notre pont. D'après cette conception on va choisir la solution la plus économique et la plus avantageuse pour notre ouvrage. Nous avons proposé deux variantes différentes qui sont :

Variante N°1 : Pont à poutre préfabriquées en béton précontraint

Variante N°2 : Pont dalle en béton armé

Variante N°3 : Pont mixte

| | Observation |
|------------------------|-------------|
| Zone sismique | I |
| Groupes de pont | Groupe 2 |
| Classification de site | S2 |

Tableau :Zone sismique groupe de pont et classification du site

5. PRÉDIMENSIONNEMENT DES VARIANTES :

La conception d'un pont est un long travail d'étude visant à concilier diverses contraintes dont l'importance et l'ordre prééminence varient selon les projets : données naturelles de franchissement, données fonctionnelles de la voie portée, procédés de construction, insertion dans l'environnement, coûts, délais ...

L'objectif ici est de déterminer le type d'ouvrage le plus économique capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées. Le critère principal permettant de choisir entre les différents types de ponts est la portée principale. Mais il est évident que d'autres critères interviennent dans le choix comme par exemple :

- Les conditions aux sites
- La nature du terrain.
- Le profil en long.
- La position possible pour les appuis.
- Le gabarit à respecter.
- Portée de l'ouvrage.
- Délais de réalisation.
- Durée de l'utilisation.

5.1. Pont à poutres en béton précontraint par post-tension (variante N°1) :

Le pont à poutres en préfabriquées en béton précontraint par post-tension est généralement économique pour des portées de longueur compris entre 30 et 50 m.

5.1.1. Avantages :

- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage
- Les ponts à poutres ne nécessitent pas beaucoup d'entretien
- Possibilité de franchir des grandes portées
- Béton toujours comprimé qui limite la fissuration
- Bonne protection des armatures d'acier
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudage ni bétonnage
- le fonctionnement isostatique de ce type de structure, la rend insensible aux tassements différentiels des appuis et aux effets du gradient thermique.

5.1.2. Inconvénients :

- Sensibilité au tassement différentiel des appuis.
- La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La nécessité de qualification de la main d'œuvre pour l'exécution de la précontrainte (pré tension et post tension) au même temps la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles.
- surcoût de transport des poutres préfabriquées si le chantier est loin du site de fabrication.

5.1.3. Conception de l'ouvrage :

L'ouvrage projeté c'est un pont à projeter, sera de type pont à poutres en béton précontraint par post-tension, isostatique il est composé par 06 travées simples de 24.70m de portée, soit 165.50 m de longueur totale (jusqu'aux murs en retour) et d'une largeur de 9.50 m (2x3.5 chaussée+2x1.25 trottoir). L'ouvrage est implanté en plan avec un angle de biais de 100.00

grade. L'ouvrage projeté est composée par 02 ouvrages parallèles identiques (les mêmes dimensions) Donc la **largeur totale du tablier égal 20.00m.**

5.2. Pont dalle en béton armé (variante N°2) :

Les dalles élégies sont des dalles dont on réduit le poids propre en disposant à l'intérieur du coffrage, des buses longitudinales réalisées en matériaux divers (fibrociment, béton comprimé, bois, polystyrène expansé, feuillard métallique). Ces élargissement diminuent assez sensiblement les efforts de poids propre sans modifier notablement l'intensité de la section droite puisqu'on enlève de la matière dans la zone de la fibre moyenne. Les dalles élégies permettent de franchir des portées déterminantes allant jusqu'à 25m en hauteur constante et jusqu'à 35 m avec inertie variable au voisinage des appuis intermédiaire.

5.2.1. Avantages :

- Minceur et légèreté relatives.
- Liberté dans la conception des formes.
- Structure robuste et relativement souple.
- Construction simple.
- Sensibilité modérée aux tassements d'appui.

5.2.2. Inconvénients :

- La limitation du biais.
- L'extrados en toit.

5.2.3. Conception de l'ouvrage :

La même démarche utilisée précédemment pour le pont en BP par post-tension a été reconduite pour cet ouvrage. On a choisi des **travées indépendantes de longueur identique de 32m** pour les **2 travées centrales et de 25 m** de longueur pour les 4 autres travées.

5.3. Pont mixte : Variante N°3

5.3.1. Description de l'ouvrage :

L'ouvrage est composé de cinq (05) travées isostatiques et identiques de 33.00 m de longueur pour chacune, le tablier est constitué de quatre(04) poutres métalliques(PRS) surmontées d'une dalle en béton armé de 25 cm d'épaisseur.

L'infrastructure est composée de six piles et de deux culées, reposant sur dessemelles connectées au bon sol par des pieux de diamètres 1200 mm.

5.3.2. Caractéristiques géométriques :

- Longueur de l'ouvrage 165.00 m.
- Largeur du tablier 2*10.00 m.

- Longueur d'une travée 33.00 m
- Hauteur de la poutre 1.10 m.
- Nombre de poutres/Travée 2*4 U.
- Largeur de la chaussée 2*(7.00 m+2.00m).
- Largeur des trottoirs 2 x 1.50 m.

6. CHOIX DU TYPE D'OUVRAGE (ANALYSE MULTICRITÈRES) :

L'analyse multicritères est une méthode de comparaison quantitative et qualitative de solutions pour un projet ouvrage d'art qui constitue une aide à la décision pour le choix d'une ou plusieurs solutions. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le tableau suivant :

| Critères | Notations | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
| | Pont à poutre en béton précontraint | Pont dalle en béton armé |
| Difficultés techniques de réalisation (/20) | 15 | 10 |
| Coût de réalisation (/20) | 15 | 10 |
| Qualité architecturale (/20) | 10 | 10 |
| Longévité (/15) | 10 | 10 |
| Maintenance (/15) | 10 | 10 |
| Impact sur l'environnement (/10) | 5 | 5 |
| Total (/100) | 65 | 55 |

Tableau VII. 8: Analyse multicritères

D'après l'analyse multicritères, **la variante N°1** la plus avantageuse pour notre projet (pont à poutre en béton précontrainte). Cette variante sera donc retenue pour la suite de notre étude.

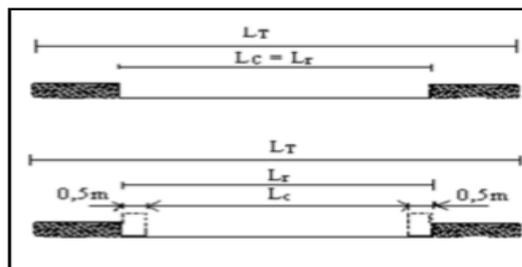
7. CHARGES ET SURCHARGES :

Introduction Il s'agit d'étudier les différentes charges qui agissent sur le tablier car le pont a une fonction porteuse, elles sont classées en deux catégories :

- **Les charges permanentes (CP):** Poutres, dalle,
- **La charge complémentaire permanente (CCP) :** revêtement de la chaussée, corniche plus trottoirs, garde-corps.

D'après le fascicule 61 du document technique réglementaire (D.T.R) :

- **les surcharges utilisées** pour le dimensionnement du tablier sont les suivantes :



- La largeur roulable (L_r)
- La largeur chargeable (L_c)

c. **Le nombre de voie** Les chaussées comportent un nombre de voies de circulation égal, à la partie entière du quotient par 3 de leur largeur chargeable. $N=lc/3$

d. **Classe de ponts routes** On distingue trois classes de ponts, on fonction de leur largeur roulable :

| CLASSE | LARGEUR ROULABLE |
|--------|--------------------------------------|
| 1 | $L \geq 7 \text{ m}$ |
| 2 | $5,50 \text{ m} < L_r < 7 \text{ m}$ |
| 3 | $L_r < 5,50 \text{ m}$ |

Tableau VII.9 Classe de pont

❖ On a $L_r > 7\text{m}$, donc notre pont est classé dans la 1ere classe.

✓ **Système de charges A (I) :**

Le système A(I) se compose d'une charge uniformément répartie dont l'intensité dépend de la longueur L chargée donnée par la formule suivante : $A(I) = a1 \times a2 \times A(L) \times l$. A (I): système de charge. L : portée d'une travée du pont. l: La largeur de la vois.

$A(I) = 2300 + 3600/L + 12$

a1 : coefficient de dégressivité transversale de la charge qui est donné par le tableau suivant :

| Nombre de voies chargées | | 1 | 2 | 3 | 4 | ≥ 5 |
|--------------------------|-----------|-----|-----|-----|------|----------|
| Classe de pont | Première | 1 | 1 | 0,9 | 0,75 | 0,7 |
| | Deuxième | 1 | 0,9 | 0,9 | 0,75 | 0,7 |
| | Troisième | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,7 |

Tableau VII.10 : Valeur de Coefficient a1

| | | |
|--------------|------------------|--------|
| $a2 = V_0/V$ | Classe de pont | V_0 |
| | Première classe | 3,5 m |
| | Deuxième classe | 3,0 m |
| | Troisième classe | 2,75 m |

Tableau VII.11 : Les valeurs de V_0

V: la largeur d'une voie ; V_0 : valeur donnée par le tableau

✓ **Système BC :**

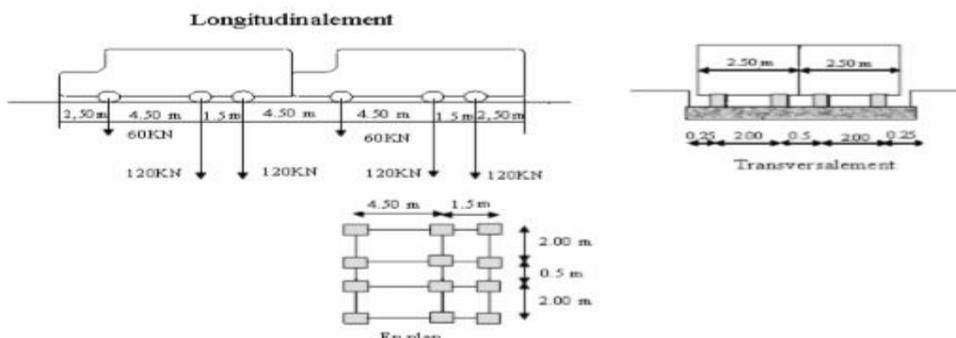


Figure.7.12 : Le système Bc

| Nombre de voies chargées | | 1 | 2 | 3 | 4 | ≥5 |
|--------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| Classe de pont | Première | 1,20 | 1,10 | 0,95 | 0,80 | 0,70 |
| | Deuxième | 1,0 | 1,0 | 0,95 | 0,80 | 0,70 |
| | Troisième | 1,0 | 0,80 | 0,95 | 0,80 | 0,70 |

Tableau.VII.12 : Les valeurs du coefficient Bc

Le coefficient de majoration dynamique sera égal à :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times G/S}$$

Avec : $\left\{ \begin{array}{l} L : \text{longueur de la travée} \\ G : \text{poids total des charges permanentes} \\ S : \text{poids maximum des surcharges} \\ \text{que peut supporter l'hourdis} \end{array} \right.$

Système Bt.

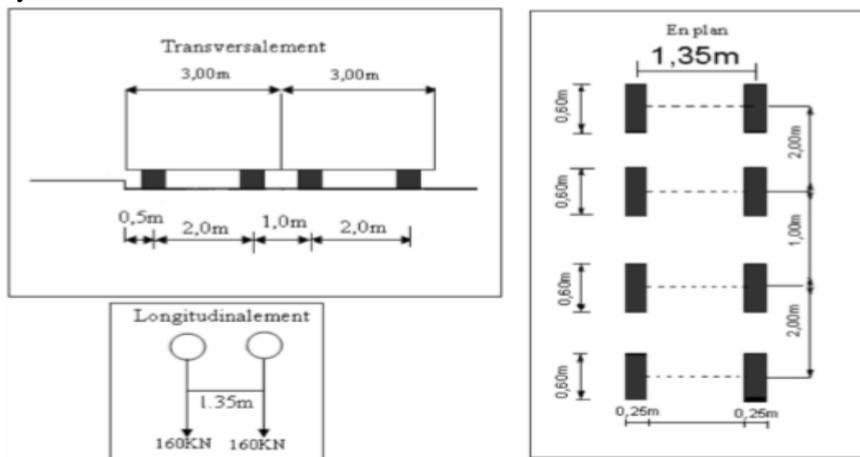


Figure 7.13: Le système Bt

| Classe de pont | b _t |
|-----------------|----------------|
| Première classe | 1,2 |
| Deuxième classe | 1 |

Tableau VII.13: Les valeurs du coefficient bt

✓ **Système Br :**

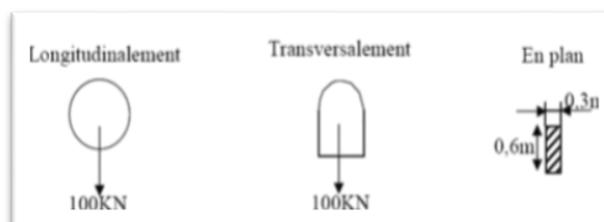


Figure 7.14 : Le système Br

✓ **Surcharge militaire MC120 :** Les véhicules types militaires sont souvent plus défavorables que les systèmes A et B pour les éléments de couverture et d'ossature des tabliers, on distingue particulièrement le convoi MC120 qui comporte deux chenilles.

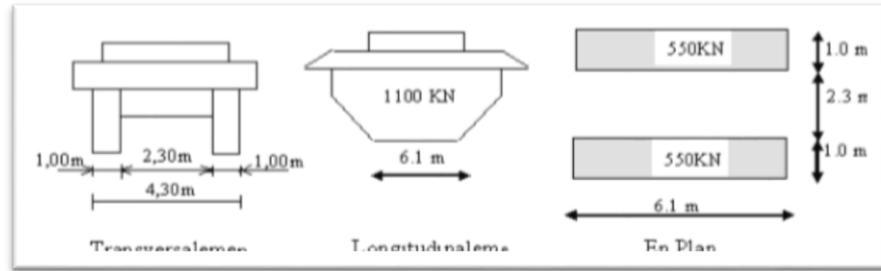


Figure 7.15 : Surcharge Mc120

✓ **Charge exceptionnelle D240 :**

Il comporte une remorque de trois éléments de quatre lignes à deux essieux de 240 t de poids total. Ce poids est supposé reparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,20m de large et de 18,60m de long.

$$D240 = 2400 / (18.6 \times 3.20) = 40,32 \text{ t}$$

✓ **Surcharges sur trottoirs :**

C'est une charge uniformément répartie de 1 0kg/m , elles ne sont pas frappés de majoration pour effets dynamique. Charges générales : 150 kg/m

Etude du tablier

$$\text{Deux trottoirs chargés : } 2 \times 0,1 \times 1,25 = 0,375 \text{ t/ml}$$

✓ **Surcharges dues au vent et au séisme.**

✓ **Efforts de freinage.**

Due à A(L) $HF = (AL) = S \times A(L)_{\text{final}} / 20 + 0.0035 \times S$: surface chargée

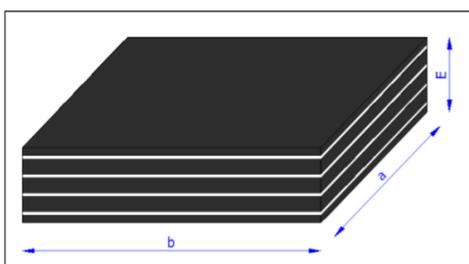
8. EQUIPEMENTS DU PONT :

1. LES JOINTS DE CHAUSSÉE :



Figure 7.16: joint de chaussée FT150-Freyssine

2. LES APPAREILS D'APPUIS :



- a : dimension en plan du coté // à l'axe transversal.
- b : dimension en plan du coté // à l'axe longitudinal.
- t : épaisseur d'un feuillet élémentaire de l'élastomère.
- t_s : épaisseur d'une frette intermédiaire.
- n : nombre de feuillets d'élastomère.
- T : épaisseur totale de l'élastomère $T = n \times t$
- E : épaisseur totale de l'appareil d'appui $E = n \times (t + t_s)$

Figure 7.17 : Appareil d'appui en élastomère fretté

3.GARD CORPS :



Figure 7.18: Garde corps

4. LES GLISSIERES DE SECURITES :

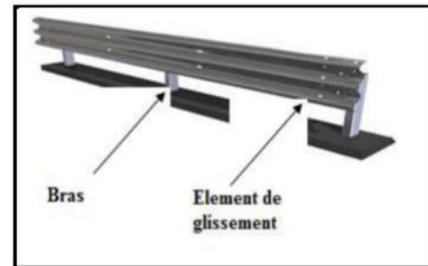


Figure 7.19: Une glissière de sécurité

❖ Application au Projet :

➤ **TABLIER :**

Le tablier comporte six (06) poutres de 1.30m de hauteur espacées de 1.60m, d'un hourdis de 20cm d'épaisseur coulé sur place, d'une chape d'étanchéité type monocouche de 4 mm d'épaisseur et d'une couche de revêtement en béton bitumineux de 8 cm d'épaisseur.

Le tablier à une largeur carrossable de 9.50 m, est encadré par deux bordures de 1,20 m coté gauche et de 0.70m coté droite, bordées par un dispositif de retenue de type garde-corps métallique tubulaire et des glissières de sécurités, et comprend une corniche sur le bord extérieur.

L'ouvrage projeté est composée par 02 tabliers parallèles identiques (les mêmes dimensions).

➤ **LES APPUIS :**

➤ **Les culées :** Les deux (2) culées à envisager sont des culées remblayées, constituées de mur garde-grève, de murs de front, de murs en retour, d'une dalle de transition et d'un corbeau arrière avec une semelle de 10 x 7.00 x 1,50 m d'épaisseur.

L'ouvrage projeté est composée par 02 culées parallèles identiques (les mêmes dimensions)

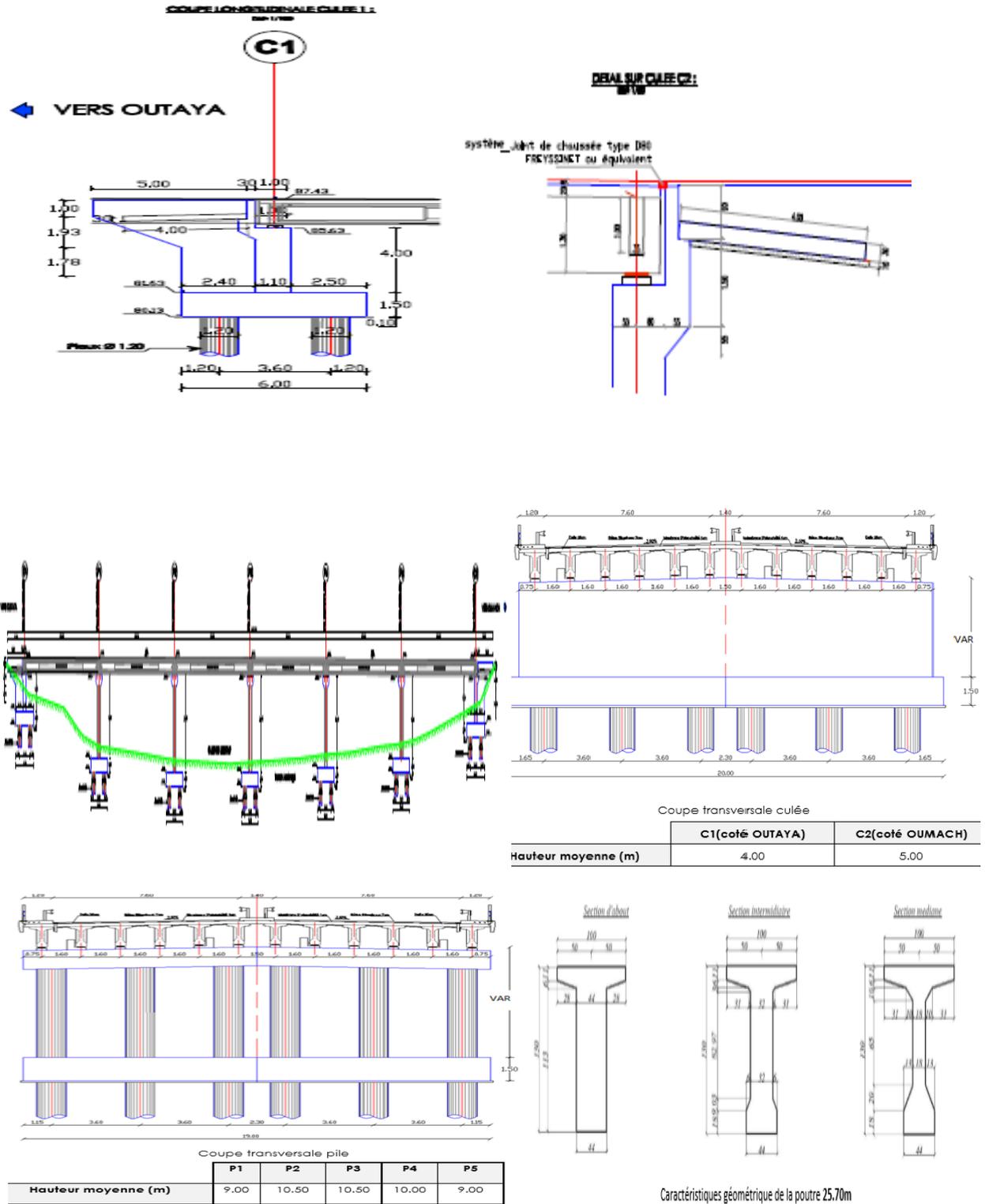
Les hauteurs respectives des appuis entre la face supérieure de la semelle et la face inférieure du sommier sont les suivantes :

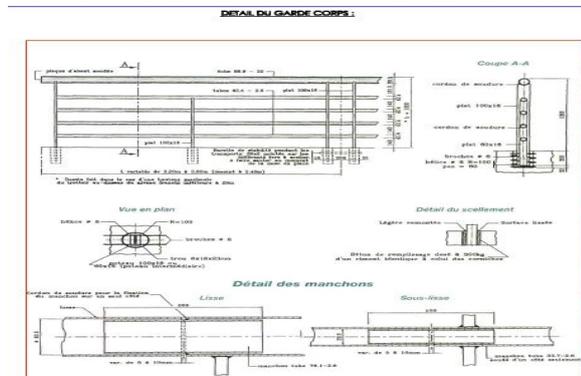
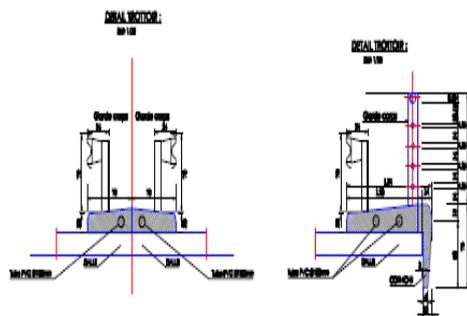
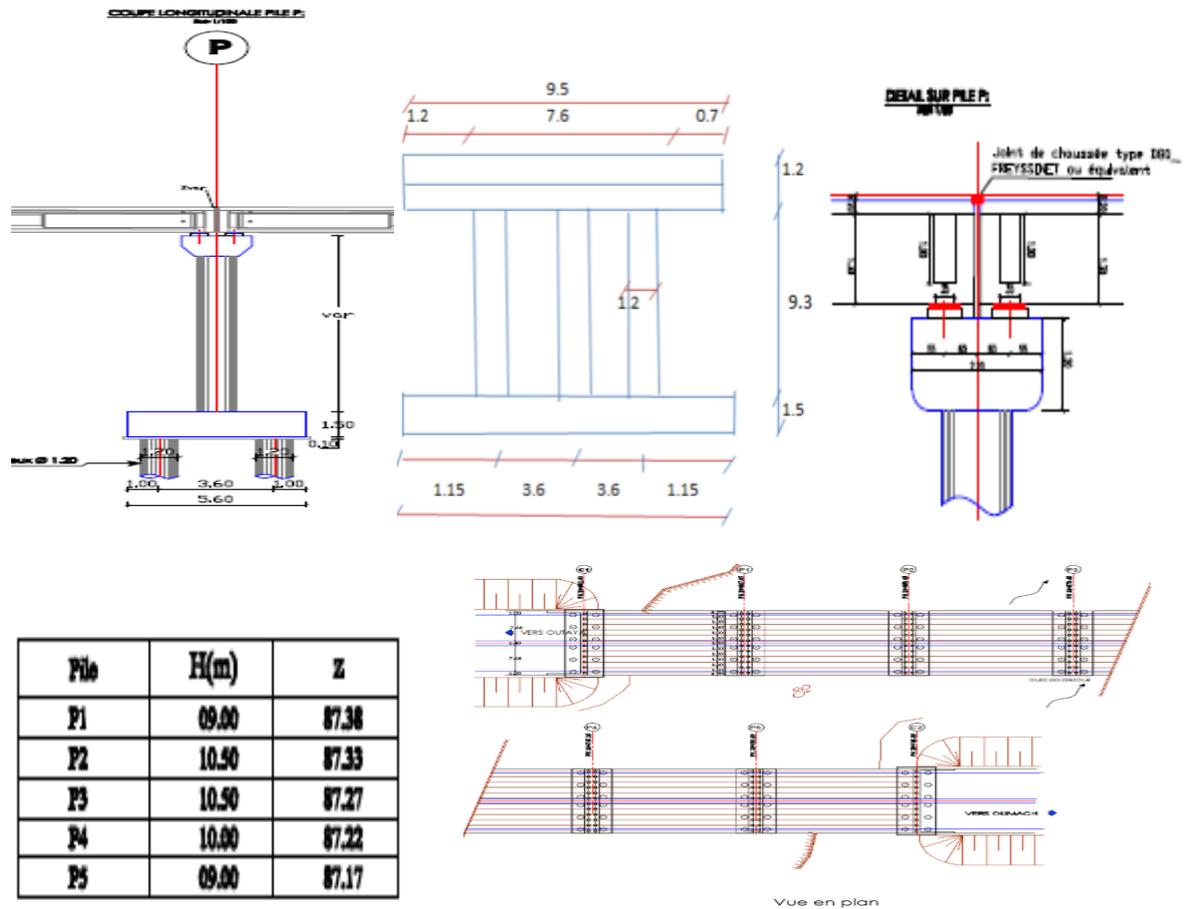
| | C1(coté OUTAYA) | C2(coté OUMACH) |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| Hauteur moyenne (m) | 4.00 | 5.00 |

➤ **Les piles :** Les piles à envisager sont des piles à fûts, chacune est composé par un (01) chevêtre parallélépipédique porté par trois (03) fûts avec une semelle de 9.50 x 5.60 x 1,50 m d'épaisseur.

➤ **Les poutres ;** Six (06) poutres de 25,70 m en béton précontraint (post-tension) sont adoptées pour le tablier du présent ouvrage.

Les poutres sont en forme de (T) d'une hauteur de 1,30 m et un espacement de 1,60 m, elles sont surmontées d'un hourdis en béton armé de 20cm d'épaisseur.





CHAPITRE - VIII
SIGNALISATION ET ECLAIRAGE ET
GLISSIERES DE SECURITE

SIGNALISATION ET ECLAIRAGE ET GLISSIERES DE SECURITE

1. SIGNALISATION :

1.1 INTRODUCTION :

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité).

Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

1.2 L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

- ✓ De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route.

1.3. CATEGORIES DE SIGNALISATION :

- ✓ La signalisation par panneaux.
- ✓ La signalisation par feux.
- ✓ La signalisation par marquage des chaussées.
- ✓ La signalisation par balisage.
- ✓ La signalisation par bornage.

1.4. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

1.5. TYPES DE SIGNALISATION :

1.5.1 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** : Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

✓ **Signalisation de position :** Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

✓ **Signalisation de direction :** L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

- Elles peuvent être classées dans quatre classes:

➤ **Signaux de danger :**

L'objet de la signalisation routière de danger est d'attirer de façon toute spéciale l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler en raison de la présence d'obstacles ou de points dangereux.

➤ **Signaux comportant une prescription absolue :**

- ✓ Signaux d'interdiction.
- ✓ Signaux d'obligation.
- ✓ Signaux de fin d'interdiction.
- ✓ Signaux de fin d'obligation.

➤ **Signaux à simple indication :**

L'objet de la signalisation d'indication est de porter à la connaissance des usagers de la route des informations utiles à la conduite des véhicules. Les signaux sont des panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche.

- ✓ Signaux d'indication.
- ✓ Signaux de direction.
- ✓ Signaux de localisation.
- ✓ Signaux divers.

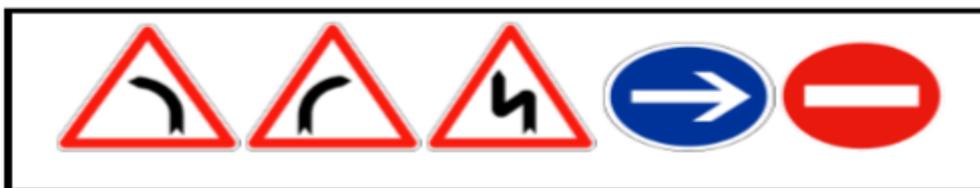


Figure 8.1 : Signalisation Verticale

1.5.2 SIGNALISATION HORIZONTALE:

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

✓ **Lignes continue :** les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

✓ **Lignes discontinue** : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- **Les lignes axiales** : ou lignes de délimitation de voies pour les quelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- **Les lignes de rive** : les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- **Les lignes d'avertissement** : de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.



Figure 8.2 : les lignes « continue et discontinue »

| Type de modulation | Longueur du trait (en mètres) | Intervalle entre deux traits successifs (mètres) | Rapport plein vide |
|--------------------|-------------------------------|--|--------------------|
| T ₁ | 3.00 | 10.00 | 1/3 |
| T' ₁ | 1.50 | 5.00 | |
| T ₂ | 3.00 | 3.50 | 1 |
| T' ₂ | 0.50 | 0.50 | |
| T ₃ | 3.00 | 1.33 | 3 |
| T' ₃ | 20.00 | 6.00 | |

Tableau. VIII.1 : modulations des lignes discontinues

1.5.4. MARQUAGE TRANSVERSAL :

- ✓ **Lignes transversales continues** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt. STOP
- ✓ **Lignes transversales discontinues** : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.
- ✓ **La largeur des lignes** : est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :
 - U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
 - U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

- $U = 5 \text{ cm}$ sur les autres routes.
- ✓ **Flèche de rabattement** : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- ✓ **Flèches de sélection** : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

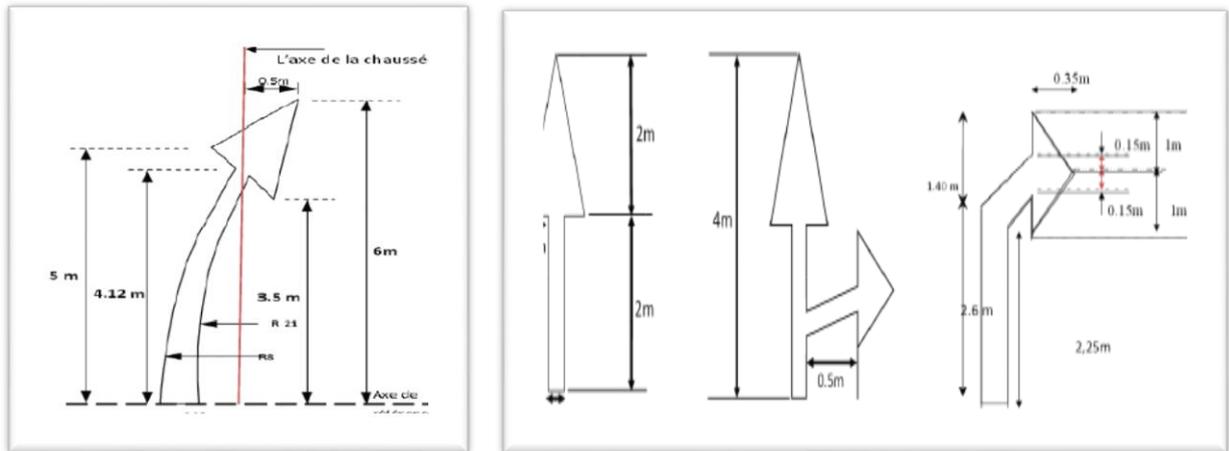


Figure 8. 3 : Flèches « rabattement et sélection »

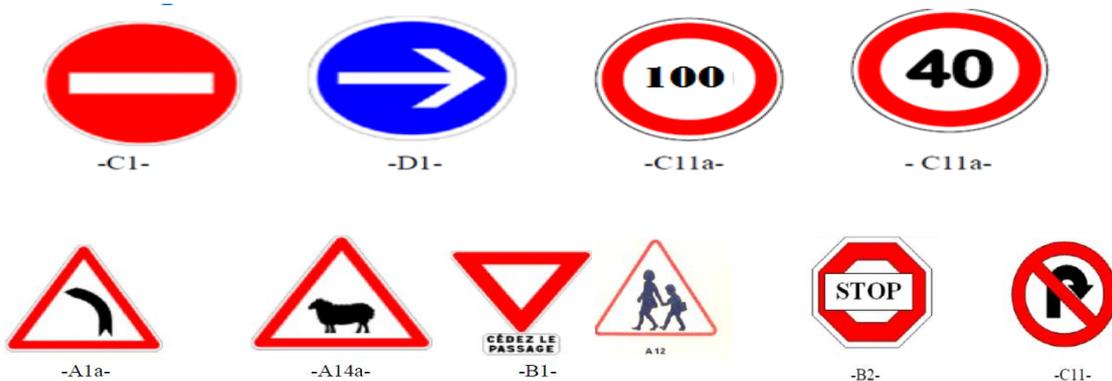
❖ APPLICATION AU PROJET:

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A1a-A14a).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C1, C11a).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D2).
- Panneaux de signalisation de direction (type E3a).

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale pour notre cas, elle est de : $U = 5 \text{ cm}$.

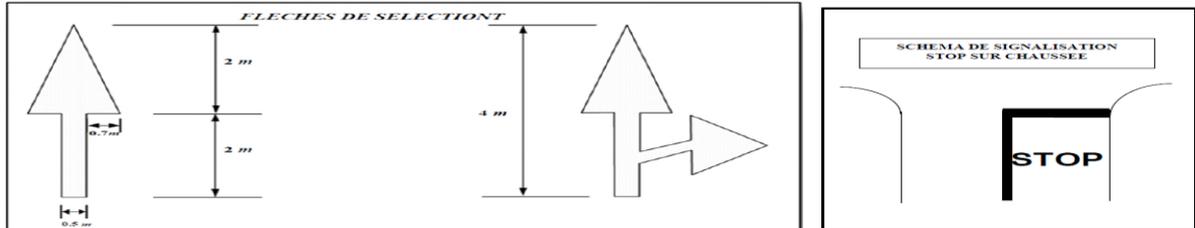
❖ Signalisation verticale :





-E3a

❖ Signalisation horizontale :



2. ECLAIRAGE :

2.1. INTRODUCTION :

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 est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

2.2. CATEGORIES D'ECLAIRAGE :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

2.3. PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

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

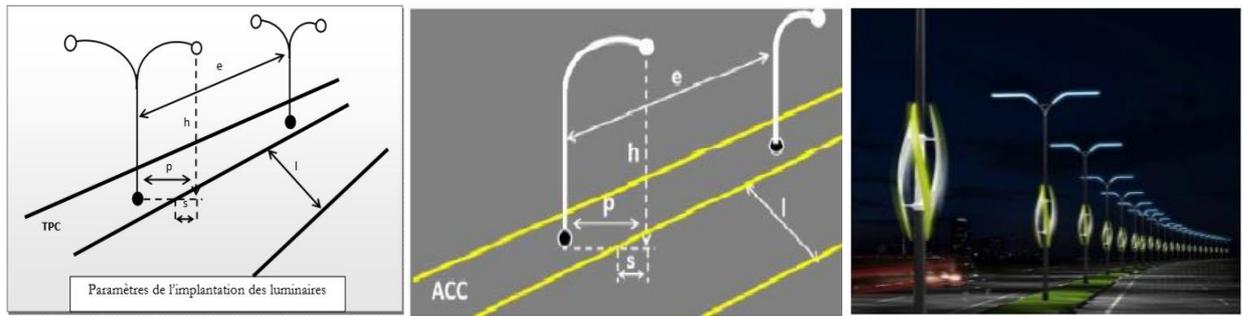


Figure 8.5 : éclairage composé et simple

❖ APPLICATION AU PROJET :

Eclairage de la voie :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12 m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre pénétrante.

3. GLISSIERES DE SECURITE :

3.1 .DEFINITION:

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

- **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles.

Eventuellement des glissières sur le T.P.C pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes hauteurs de remblais.

3.2. LA MURETTE DE PROTECTION EN BETON ARME :

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 AU PROJET:

Parmi ces dispositifs, on a opté à utiliser des glissières de sécurité de niveau 1 voir l'importance de la RN, et des glissières sur le T.P.C pour la retenue et la séparation.

SoloStocks
Muret type GBA

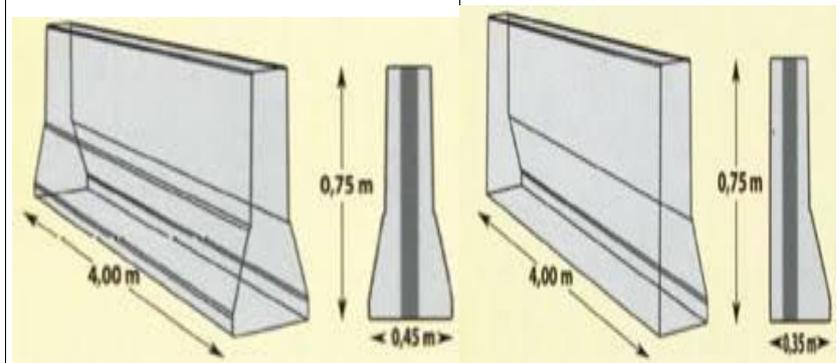


Figure 8.6 :Séparateur en béton

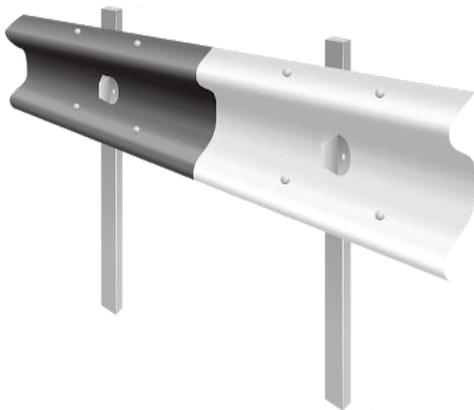


Figure 8.7 :Glissière de sécurité

CHAPITRE - IX
AMENAGEMENT DE CARREFOUR

AMENAGEMENT DE CARREFOUR

1- DEFINITION:

Le carrefour est un espace situé à l'intersection des routes permettant de passer d'une route à l'autre. L'aménagement des carrefours tend à permettre que ces courants puissent se succéder :

- sans risque de collision (la sécurité).
- en réduisant au minimum la gêne de circulation (freinage accélération perte de temps etc....).

2- PRINCIPES GENERAUX DE CONCEPTION :

2.1- VISIBILITE :

Dans toute la zone d'approche de carrefour, on doit assurer d'excellente condition de visibilité entre véhicule et sur les îlots. En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).
- Assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicule et sur îlots.
- Eviter les carrefours en courbe et en pente.

2.2- VITESSE :

Ralentir les véhicules en particulier pour les courants non prioritaires ayant un signal d'arrêt à respecter.

2.3- SECURITE :

- La convergence et la divergence des courants doivent s'effectuer tangentiellement
- Les cisaillements doivent s'effectuer sous un angle voisin de 90° ; Les véhicules du courant non prioritaire doivent trouver des zones de stockage de capacité suffisante.
- Localiser et séparer les points de conflit en canalisant la circulation dans des couloirs, Généralement à sens unique, dans les carrefours importants.

2.4- SIMPLICITE :

Pas d'aménagement complexe en cas de faible volume de circulation.

2.5- SELECTIVITES :

- Tracer des couloirs et des îlots rendant aisées les manœuvres permises et difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites.
- Favoriser les manœuvres de sorties.
- A partir de certaines seuils, prévoir des voies de décélération et d'insertion sur l'itinéraire prioritaire.

2.6- SIGNALISATION:

- Soigner la signalisation horizontale et verticale, en particulier celle de nez d'îlots séparateur.
- D'être cohérent entre la signalisation et les hypothèses d'aménagement du carrefour.

3- DETERMINATION DES CARRACTERISTIQUES GEOMETRIQUES AU CARREFOUR:

3.1- TRIANGLE DE VISIBILITE :

Un triangle de visibilité peut être associé à chaque conflit entre deux courants. Il a pour sommets

- Le point de conflit
 - Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.
- On peut distinguer deux natures de visibilité :
- La distance de visibilité nécessaire aux conducteurs pour voir l'aménagement qu'ils abordent (îlots nécessaires de la voie principale ou de la voie secondaire), est appelée distance de visibilité d'approche à vide.
 - La distance de visibilité nécessaire au conducteur du véhicule non prioritaire pour franchir la voie principale.
- La mesure de cette distance est appréciée en considérant que le point d'observation et le point observe répondent aux conditions suivantes :
- Pour la situation d'arrêt (panneau stop), le point d'observation est situé en retrait de 2.5 mètres par rapport à la ligne d'arrêt.
 - Pour la situation de « cédez le passage » le point d'observation est situé en retrait de quinze à vingt mètres par rapport à la ligne de « cédez le passage ».

Le point observé est déterminé de la même façon que dans la situation d'arrêt.

- Le dessin ci-après montre comment se construisent les triangles de visibilité à partir des éléments précises ci-dessous (lorsqu'il s'agit d'un carrefour en croix, et que la route principale est bidirectionnelle, on construit naturellement quatre triangles de visibilité suivant les modalités correspondes aux régimes de priorité envisagés).

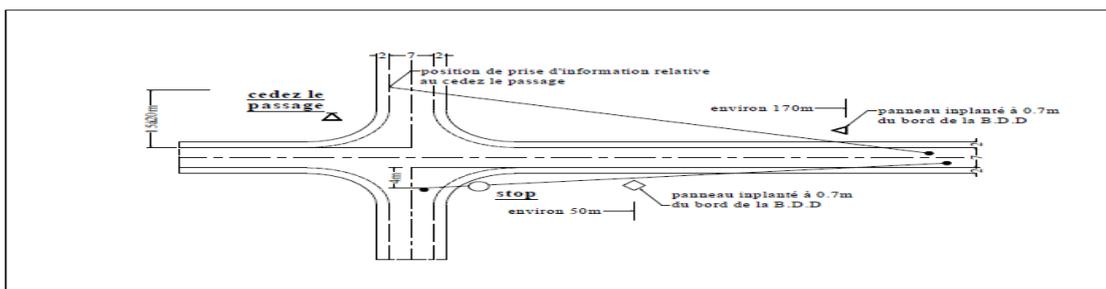


Figure 9 .1 : Triangle de visibilité

3.2- LA VITESSE D'APPROCHE :

La vitesse d'approche à vide V_0 dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de référence.

Selon B40 : Elle est donnée par le tableau suivant :

| Environnement | E1 | | E2 | | E3 | |
|---------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| | Sur un alignement | Près d'un point particulier | Sur un alignement | Près d'un point particulier | Sur un alignement | Près d'un point particulier |
| Cat. 1-2 | 120 | 100 | 100 | 100 | 80 | 60 |
| Cat. 3 | 110 | 90 | 90 | 90 | 80 | 60 |
| Cat. 4 | 100 | 80 | 80 | 80 | 60 | 60 |
| Cat. 5 | 80 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |

Tableau .IX.1 : vitesse de référence selon B40

Donc pour notre projet : $V_0 = 100$ km/h.

3.3- LES ILOTS :

Un ilot est un terre plein entre deux voies de circulation qui a pour objectif de séparer les points de conflits, protéger et stocker les véhicules. On distingue deux types d'ilots :

- ❖ **Ilots séparateurs** : ils ont une forme danger et séparent deux courants de véhicule qui circulent en sens inverse.
- ❖ **Ilots directionnels** : ils ont une forme triangulaire et séparent deux courants de circulation assurant soit une manœuvre de convergence, soit une manœuvre de divergence.

3.4 - TYPES DES CARREFOURS: On distinguera deux grandes familles de carrefours.

3.4.1- CARREFOURS DENIVELES (ECHANGEURS):

Dans ce type de carrefours les échanges sont séparés les uns des autres et gérés en dehors des axes principaux, pour limiter aux maximums des conflits, Ce type de carrefours offre un niveau de sécurité élevé mais demande un coût très important pour le réaliser. On peut citer comme exemple :

- ✓ Les échangeurs supérieurs.
- ✓ Les passages sous terrains.

3.4.2 - CARREFOURS PLANS :

Les échanges dans ce type de carrefours sont regroupés dans un même plan. A son tour, ce type de carrefour se divise en deux catégories.

3.4.2.1- CARREFOURS PLANS ORDINAIRES :

Ce sont des carrefours simples, offrent un niveau de sécurité en moyenne peut élever par rapport à d'autres types de carrefours (Dénivelé, giratoire) ; Les types fréquemment utilisés sont :

3.4.2.1.1- CARREFOURS EN (T) :

C'est un espace où se réunissent trois branches en formant la lettre (T). Dans ce type de carrefours le courant direct domine, et les autres courants peuvent être aussi importants comme c'est présenté dans la figure ci-dessous :

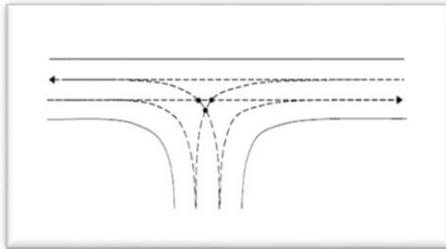


Figure 9 .2 : Carrefours en (T)

3.4.2.1.2) CARREFOUR EN (Y) :

C'est un carrefour qui assure l'intersection de trois rues qui forment l'allure de la lettre Y, Dans ce cas le trafic virant dans un angle aigu est nul ou insignifiant La figure ci-dessous montre un exemple des conflits existants sur un carrefour en Y.

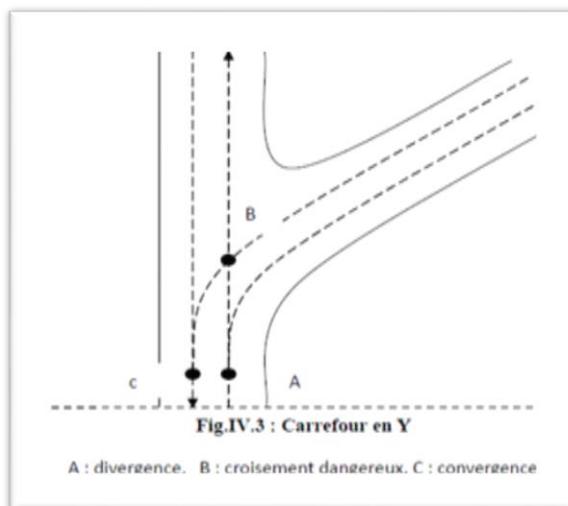


Figure 9 .3 : Carrefours en (Y)

3.4.2.1.3) CARREFOUR EN CROIX (X) :

Le carrefour en croix relie quatre branches qui se croisent formants un (X.) La figure ci-dessous donne une idée de l'allure de ce type de carrefour.

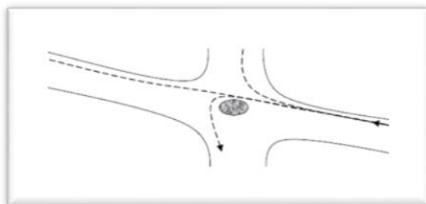


Figure 9 .4 : Carrefours en (X)

3.4.2.2) CARREFOURS A SENS GIRATOIRE :

Un giratoire est un carrefour dans lequel certains courants empruntent une chaussée annulaire continue, ils ordonnent une circulation à sens unique, disposé autour d'un îlot central. L'îlot central a un rayant souvent supérieure a douze mètre. La sortie de véhicule doit être plus grande que celle de la rentrée et ça pour facilité la manœuvre pour le conducteur qui va quitter le carrefour et pour gêner les véhicules entrant et ça pour faire ralentir.

- On doit définir la géométrie d'ensemble du carrefour en ramenant à des tracés simples et connus, puis dimensionner les divers éléments. Pour tracer général on prend en considération les principes généraux déjà énoncées :
- Condition de visibilité.
- Bonne compréhension (l'aménagement doit être clair).
- Cisaillement sous un angle de $90 \pm 20^\circ$

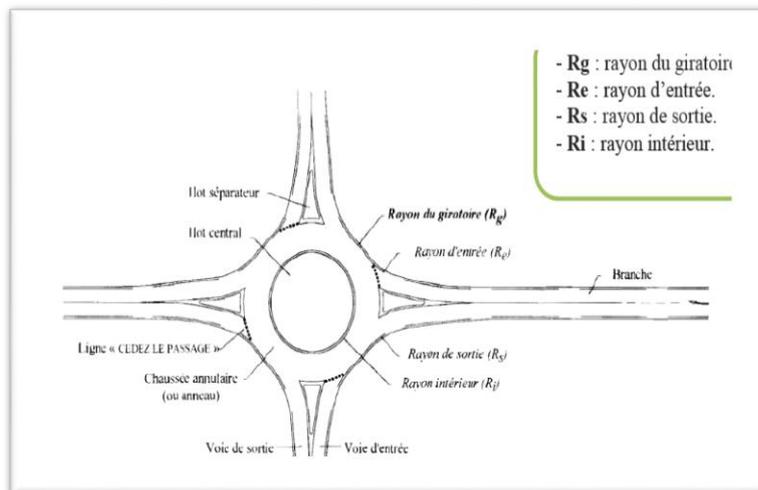


Figure 9.5 : Les éléments d'un carrefour à sens giratoire.

4- SIGNALISATION DU CARREFOUR :

La signalisation du carrefour est composée de quatre éléments complémentaires :

- **La signalisation de priorité :** On trouve le panneau de route prioritaire sur la route principale. La signalisation de direction. Le marquage au sol et les plots.
- **Les panneaux de prescription :** On trouve les panneaux de priorité de passage, Céder passage et Stop sur la route secondaire.



Figure 9.6 : Terminologie d'un carrefour giratoire.

5- LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DU CARREFOUR GIRATOIRE

5.1- AVANTAGES :

Les avantages de carrefour giratoire:

- ✓ L'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés.
- ✓ La vitesse est limitée par l'infrastructure, et la sécurité routière est donc améliorée.
- ✓ Il n'y a pas besoin de feux, donc pas besoin d'électrifier le carrefour, ce qui est intéressant en zone très rurale.
- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de l'espace.
- Diminution des nuisances.
- Faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches.
- Economie de régulation et d'exploitation

5.2- INCONVENIENTS :

- Consommation d'emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Transport public non prioritaire.
- Absence de prise en charge correcte des piétons.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité).

❖ Application au projet :

Le premier carrefour est giratoire à 4 branches :

- C'est le carrefour giratoire de l'intersection de la RN83 et notre projet. Il sera aménagé avec un îlot central circulaire de rayon $R_g = 25$ m.

Le deuxième carrefour est giratoire à 3 branches :

- C'est le carrefour giratoire de l'intersection de la RN3sud et notre projet. Il sera aménagé avec un îlot central circulaire de rayon $R_g = 25$ m .

Le listing du Carrefour est donné par logiciel (covadis10.1), les résultats sont joints en **annexe**

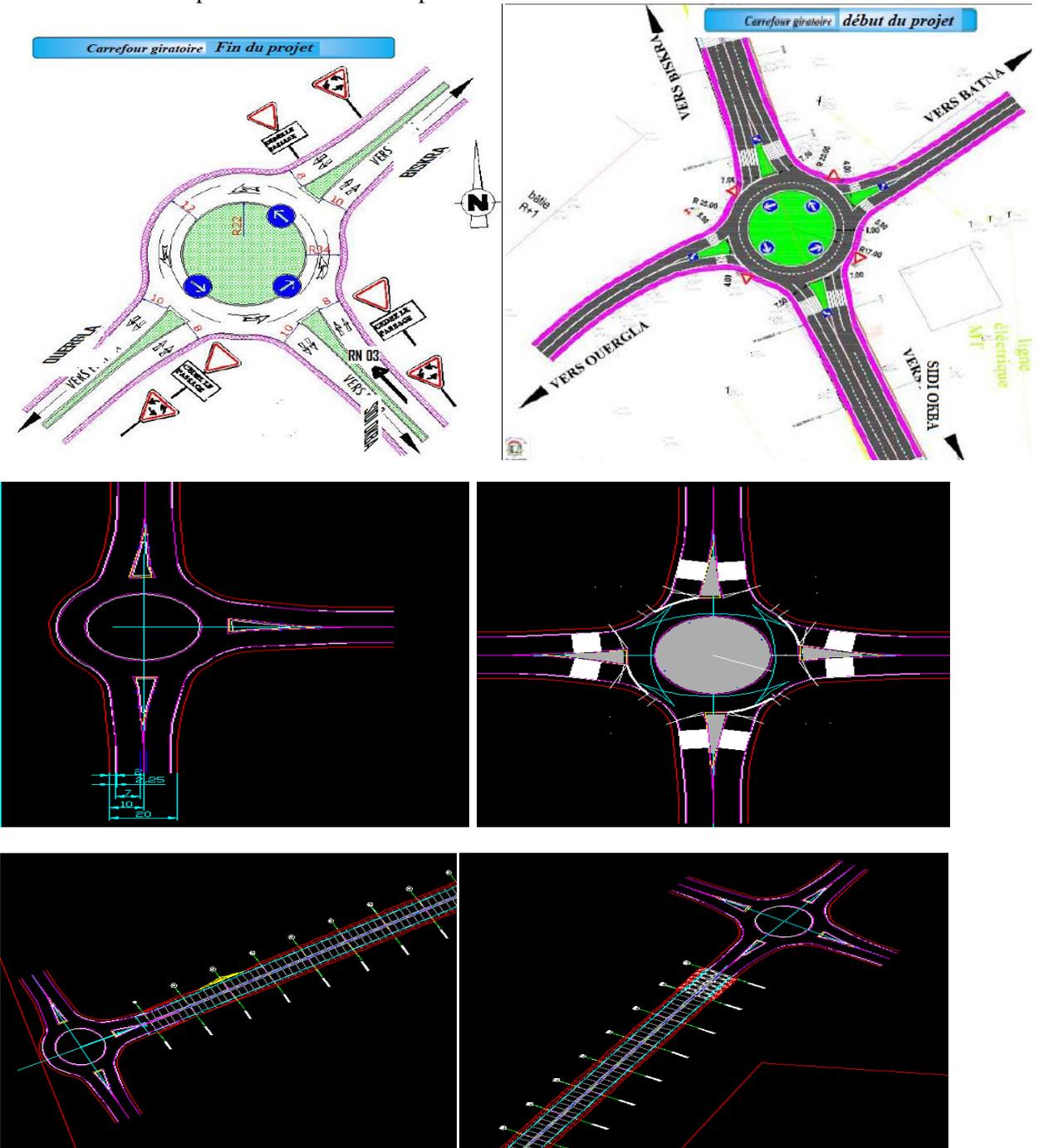
| | Notations | Valeurs courantes(en m) |
|-----------------------------|-----------|-------------------------|
| Rayon du giratoire | R_g | $R_g = 25$ |
| Largeur de l'anneau | L_a | 7 |
| Sur-largeur franchissable | sL_f | 0.5 |
| Rayon intérieur | R_i | 20 |
| Rayon d'entrée* | R_e | 17 |
| Largeur de la voie entrante | L_e | 4 |
| Rayon de sortie* | R_s | 20 |
| Largeur de la voie sortante | L_s | 5 |
| Rayon de raccordement | R_r | 100 |

Tableau IX.1. Les caractéristiques géométriques du carrefour.

➤ **Les îlots séparateurs** : Pour la Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon $R_g \geq 15m$. On adopte les dimensions suivantes

| Paramétrage | Notations | | Valeurs courantes (enm) |
|-------------------------------------|-----------|------------------|-------------------------|
| Rayon du giratoire | Rg | | 25 |
| Hauteur du triangle de construction | H | $H = R_g$ | 25 |
| Base de la tringle de construction | B | $B = R_g / 4$ | 6.25 |
| Départ de l'îlot sur l'axe | D | $D = (R_g/50)/2$ | 0.50 |
| Rayon de raccordement | r | $R = R_g / 50$ | 0.50 |

Tableau XI.2 : récapitulatif des différents paramètres de construction des



CHAPITRE - X
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

1- INTRODUCTION :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales. Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

Le code de l'environnement a récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet autoroutier peuvent se résumer en :

- L'analyse de l'état initial.
- La justification de la solution retenue.
- La détermination des impacts.

2- CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- une analyse détaillée du projet.
- une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

3- OBJECTIFS :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

4- L'IMPACT SUR L'AGRICULTURE :

Il est incontestable que l'agriculture ait une activité économique principale et inépuisable.

De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

4.1. LES IMPACTS :

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

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

4.2. LES REMEDES :

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

Mesures préventives :

- Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux.

Mesures curatives :

- Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.
- Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :
 - le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
 - La pris en compte des superficies d'exploitation.
 - Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

5- L'IMPACT SUR LA NATURE :

5.1. LA FAUNE :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

5.2. LA FLORE :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).

5.3. L'EAU :

Les phases de travaux donnent lieu à la mise en oeuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception.

Les ouvrages d'assainissement sont ainsi largement dimensionnés par rapport aux crues les plus importantes et des aménagements spéciaux sont réalisés pour parer aux effets dévastateurs des écoulements torrentiels.

En section courante, on doit veiller à adapter le niveau d'équipement des ouvrages de protection aux enjeux de l'environnement local, l'évacuation des eaux vers la mer constitue dans la plus part des cas une réponse efficace, tout à fait adaptée au problème posé par l'épuration des eaux de ruissellement et permettant d'éviter des aménagements massifs, difficilement compatibles avec l'intégration paysagère de la route.

6- L'IMPACT SUR LES HABITANTS :

Les principaux impacts d'une infrastructure autoroutière sur les habitants sont :

- La destruction
- La pollution
- Le bruit

En outre à ces impacts qui sont difficile, voire impossibles à évaluer, il existe d'autre effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet.
- L'effet de barrière entre deux centres urbains
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

6.1. LA DESTRUCTION :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

- Les impacts de destruction concernent :
 - Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
 - Les populations situées au périmètre d'accueil.
- Ces impacts sont d'ordre :
 - Economique : modification des systèmes de production.
 - Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
 - Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

6.2. LE BRUIT :

➤ **Les impacts :**

La construction d'une autoroute au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue
- Baisse de l'acuité auditive.

➤ **Les remèdes :**

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.
 - Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépens des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

7- CONCLUSION :

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception,
- Sa construction,
- Son exploitation.

RAPPORT D'OPPORTUNITE DU PROJET :

La situation en matière de circulation sur les différents axes de la wilaya est appelée à connaître une évolution très rapide du trafic tant en nombre qu'en tonnage, nécessitant incontestablement la création de nouvelles liaisons entre les routes nationales. **Etude Du Contournement De La Ville De Biskra Est liaison RN83 Avec RN03 sud.**

L'étude de ce contournement est justifiée par un trafic très intense et rapide sur les routes nationales 03nord vers 03 sud qui dépasse les 18000 Véhicules / Jour avec un taux élevé de poids lourd (40 %).

Cette région du sud –Est de la Wilaya à vocation agricole par excellence offre de réelles perspectives de développement par des investissements futurs dans les domaines agro-alimentaires, de transformation, de l'artisanat, etc.

Il faut retenir aussi qu'il s'agit d'un axe routier le plus important qui assure la liaison entre le nord et le sud en passant par la wilaya de Biskra et permet un échange d'activité importante.

En Conclusion la création de ce raccordement permettra :

- Une Circulation fluide et en respect de la Sécurité Routière.
- Soutenir le développement économique (notamment les activités agricoles).
- Liaison de deux axes stratégiques RN03 nord et RN03 sud.
- Développement durable du réseau routier.
- Axe stratégique à développer et l'adapter à la croissance du trafic.

DEVI QUANTITATIF ET ESTIMATIF

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

DETAIL QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Lot 01: Etude Du Contournement De La Ville De Biskra Est liaison RN83 Avec RN03 sud 11,5 Kms

| N° | Designation des travaux | Unité | Quantité | P Unitaire | Montant |
|----------|---|-------|---------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | Travaux de terrassements | | | | |
| 1,1 | Décapage de la terre vegetale y/c évacuation des terres à la décharge publics | M3 | 53132 | 200,00 | 10 626 400,00 |
| 1,2 | Déblais des terres y/c évacuation à la décharge publics | M3 | 31810 | 500,00 | 15 905 000,00 |
| 1,3 | Remblai en matériaux selectionnés y/c transport et mise en œuvre en couches successives et toutes sujétion de bonne execution | M3 | 120534 | 700,00 | 84 373 800,00 |
| 2 | Travaux de chaussée | | | | |
| 2,1 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en GNT. Epaisseur = 35 cm | M3 | 67468 | 900,00 | 60 721 200,00 |
| 2,2 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en TVO. Epaisseur = 70 cm | M3 | 174881 | 600,00 | 104 928 600,00 |
| 2,3 | Couche d'imprégnation au cut back 0/1 | M2 | 184000 | 120,00 | 22 080 000,00 |
| 2,4 | Fourniture et mise en œuvre de la grave bitume sur une épaisseur de 12 cm y compris couches d'accrochage entre couches consécutives | T | 51357 | 4 500,00 | 231 106 500,00 |
| 2,5 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux de 06 cm épaisseur y compris couche d'accrochage | T | 25100 | 5 000,00 | 125 500 000,00 |
| 2,6 | Matériaux selectionnés pour rechargement d'accotement en TVO | M3 | 21668 | 600,00 | 13 000 800,00 |
| 3 | Travaux d'assainissement | | | | |
| 3,1 | Fossé bétonnés dimensions 0,5 x 1,5 x 0,5 | ML | 11 000,00 | 3 000,00 | 33 000 000,00 |
| | | | | TOTAL HT 01 | 701 242 300,00 |

Lot02:Signalisation Horizontale

| N° | Designation des travaux | Unité | Quantité | P Unitaire | Montant |
|----------|---|-------|----------|--------------------|----------------------|
| 1 | Signalisation horizontale | | | | |
| 1,1 | Marquage par hachures | M2 | 700 | 500,00 | 350 000,00 |
| 1,2 | Marquage en ligne continues (U= 18 cm) | ML | 23000 | 150,00 | 3 450 000,00 |
| 1,3 | Marquage en ligne discontinues (axe 0,15) | ML | 5308 | 150,00 | 796 200,00 |
| 1,3 | Marquage en ligne discontinues (Rive 0,18) | ML | 10616 | 150,00 | 1 592 400,00 |
| 1,4 | Fleches de direction | Unité | 30 | 1 500,00 | 45 000,00 |
| 1,5 | Fleche de rabattement | Unité | 25 | 1 500,00 | 37 500,00 |
| 1,6 | F/ pose des plots en verre réfléchissants trompé, y compris toute sujétion de bonne execution | Unité | 9000 | 2 200,00 | 19 800 000,00 |
| | | | | TOTAL HT 02 | 26 071 100,00 |

Lot 03 :Signalisation Verticale

| N° | Designation des travaux | Unité | Quantité | P Unitaire | Montant |
|----------|--|-------|----------|--------------------|-------------------|
| 1 | Signalisation verticale | | | | |
| 1,1 | Type A - Panneaux de danger | U | 22 | 8 000,00 | 176 000,00 |
| 1,2 | Type AB - Panneaux d'intersection et de priorité | U | 15 | 8 000,00 | 120 000,00 |
| 1,3 | Type B - Panneaux de prescription | U | 15 | 8 000,00 | 120 000,00 |
| 1,4 | Type C - Panneaux d'interdiction et de restriction | U | 5 | 8 000,00 | 40 000,00 |
| 1,5 | Type D - Panneaux d'obligation | U | 11 | 8 000,00 | 88 000,00 |
| 1,6 | Borne kilometrique | U | 11 | 2 000,00 | 22 000,00 |
| | | | | TOTAL HT 03 | 566 000,00 |

Lot 04 :Réalisation d'un mur séparateur en béton

| N° | Designation des travaux | Unité | Quantité | P Unitaire | Montant |
|-----|--|-------|--------------|--------------------|----------------------|
| 1,1 | Réalisation d'un mur séparateur symétrique par couffrage glissant en béton dosé à 350 Kg/m3 /CPA et toutes sujestions de bonne execution | ML | 22000 | 3 200,00 | 70 400 000,00 |
| 1,2 | Remplissage en terre vigitalepour TPC avec toute soujestion de bonee execution | M3 | 3787 | 500,00 | 1 893 500,00 |
| | | | | TOTAL HT 04 | 72 293 500,00 |

LOT 05 : ECLAIRAGE PUBLICS EN ENERGIE SOLAIRE.

| N° | Désignations | Unité | QTT | P,U (DA) | Montant(DA) |
|--------------------|---|-------|-----|------------|-----------------------|
| 1 | Construction d'un socle en béton (0,60*0,60*0,90) ciment HTS dosé à 350kg/m3 et toute sujétion de la bonne exécution. | U | 380 | 400,00 | 152 000,00 |
| 2 | Fourniture et pose d'un candélabre (acier galvanise thermolaque trite contre la corision ,hauteur de 7m) avec crose double et toute sujétion de la bonne exécution. | U | 380 | 35 000,00 | 13 300 000,00 |
| 3 | Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance superieure au égale 60W) à énergie solaire avec panneau solaire (puissance 18V80 silicium monocristallin a haute efficacité) et capteur crépusculaire et de mouvement ,batterie interne en lithium(12.8V 64AH batterie liFePO4 durée de vie 5ans)et toute sujétion de la bonne exécution. | U | 760 | 140 000,00 | 106 400 000,00 |
| TOTAL HT 05 | | | | | 119 852 000,00 |

LOT 06 : REALISATION D'UN CARFFOUR GIRATOIRE (giratoire à 4 branches l'intersection de la RN 83)

| N° | DESIGNATIONS DES TRAVAUX | U | Qté | P U | MONTANT |
|--------------------|---|----------------|------|------------|----------------------|
| 1 | Travaux de chaussée | | | | |
| 1,1 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en GNT. Epaisseur = 35 cm | m ³ | 1500 | 600,00 | 900 000,00 |
| 1,2 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en TVO. Epaisseur = 70 cm | m ³ | 1500 | 1 800,00 | 2 700 000,00 |
| 1,3 | Couche de base Grave bitume y compris transport et mise en œuvre | T | 1200 | 4 500,00 | 5 400 000,00 |
| 1,4 | Couche de roulement Béton bitumineux y compris transport et mise en œuvre | T | 600 | 5 000,00 | 3 000 000,00 |
| 1.5 | Béton poreux teinté ep=10cm pour trottoirs, ilots avec une couche en gravier 7/15 ep=15cm y/c pose d'une gaine de reservation en PVC Ø 90 et toutes sujétions bonne exécution | M2 | 6000 | 1 600,00 | 9 600 000,00 |
| 2 | Divers | | | | |
| 2,1 | Fourniture et pose de bordure T2 avec peinture et toute soujestion de bonee exécution | Ml | 2000 | 1 000,00 | 2 000 000,00 |
| 3 | Eclairage public | | | | |
| 3,1 | F/P des candélabres H = 8 m type phermolaqué ,l'exécution des fouille en tranchée, des massifs en béton,F/P du cable,,raccordement Y/C toutes sujestion de bonne exécution | U | 10 | 50 000,00 | 500 000,00 |
| 3,2 | F/P crosse simple avec luminaire LED 100 W Y/C toutes sujestion de bonne exécution | U | 4 | 50 000,00 | 200 000,00 |
| 3,3 | F/P crosse double avec deux luminaire LED 100 W Y/C toutes sujestion de bonne exécution | U | 6 | 100 000,00 | 600 000,00 |
| Total HT 06 | | | | | 24 900 000,00 |

LOT 07 : REALISATION D'UN CARFFOUR GIRATOIRE (giratoire à 3 branches l'intersection de la RN03sud)

| N° | DESIGNATIONS DES TRAVAUX | U | Qté | P U | MONTANT |
|------------|--|----------------|------|----------|--------------|
| 1 | Travaux de chaussée | | | | |
| 1,1 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en GNT. Epaisseur = 35 cm | m ³ | 1200 | 600,00 | 720 000,00 |
| 1,2 | Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en TVO. Epaisseur = 70 cm | m ³ | 1200 | 1 800,00 | 2 160 000,00 |
| 1,3 | Couche de base Grave bitume y compris transport et mise en œuvre | T | 1000 | 4 500,00 | 4 500 000,00 |
| 1,4 | Couche de roulement Béton bitumineux y compris transport et mise en œuvre | T | 500 | 5 000,00 | 2 500 000,00 |
| 1.5 | Béton poreux teinté ep=10cm pour ilots avec une couche en gravier 7/15 ep=15cm y/c pose d'une gaine de reservation en PVC Ø 90 et toutes sujétions bonne exécution | M2 | 3000 | 1 600,00 | 4 800 000,00 |
| 2 | Divers | | | | |
| 2,1 | Fourniture et pose de bordure T2 avec peinture et toute soujestion de bonee exécution | Ml | 1500 | 1 000,00 | 1 500 000,00 |
| 34 | Eclairage public | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|---|----|--------------------|----------------------|
| 3,1 | F/P des candélabres H = 8 m type phermolaqué ,l'execution des fouille en tranchée, des massifs en béton,F/P du cable,,raccordement Y/C toutes sujestion de bonne execution | U | 10 | 50 000,00 | 500 000,00 |
| 3,2 | F/P grosse double avec deux luminaire LED 100 W Y/C toutes sujestion de bonne execution | U | 10 | 100 000,00 | 600 000,00 |
| | | | | Total HT 07 | 17 280 000,00 |

LOT: 08 OUVRAGE d'art (Pont à poutres en béton précontraint)

| | | | | | |
|----------|--------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------|
| 1 | OPERATIONS PRELIMINAIRES | | | | 20 000 000,00 |
| 2 | TERRASSEMENTS | | | | 9 000 000,00 |
| 3 | OUVRAGE | | | | 440 000 000,00 |
| 4 | EQUIPEMENTS | | | | 165 000 000,00 |
| | | | | Total HT 08 | 634 000 000,00 |
| | | | | Total HT 1+2+3+4+5+6+7+ | 1 596 204 900,00 |
| | | | | TVA 19 % | 303 278 931,00 |
| | | | | TOTAL TTC | 1 899 483 831,00 |
| | | | | TOTAL TTC ARROND | 1 900 000 000,00 |

arrêté le présent devis à la somme arrondie en TTC de:

Un Milliard Neuf Cent million dinars algériens

CONCLUSION
GENERALE

CONCLUSION

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et normes existantes qu'on ne peut pas négliger et qui doivent être pris en considération.

Une attention a été porté à la sécurité des usagers aussi bien que, à l'économie et l'environnement.

Ce projet nous a permis d'apprendre à chercher des solutions à tous les problèmes posés tant techniques qu'administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Il était aussi une grande occasion pour nous de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part pour assimiler le déroulement d'un projet de Travaux Publics en général et un projet **routier en particulier**. Aussi l'occasion était parfaite pour apprendre l'utilisation des Logiciels AUTOPISTE, AUTOCAD, ALIZ III ainsi que la maîtrise de nouvelles technologies dans le domaine de GENIE CIVIL.

En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les portes du monde professionnel.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

Règlement

- **B40** : Normes techniques d'aménagement des routes.
- **ARP** : Aménagement de routes principales

Documents

- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**CTTP**) : fascicule1, 2et3
- Les cours des routes ; Dr. **Remadena Mohamed Saddek** et (Dr. **Khelifa Tarek** (UNIVERSITE MED KHEIDER).
- Les cours des routes ENSTP.
- Livre Cours de routes :conception des tracé routier – avant métré – logiciel piste (KALLI Fatima-Zohra-RAHAL).
- Routes TOME 2 : MICHEL FAURE.
- Normes techniques d'aménagement des routes et de trafic et capacité des routes 1972)
- Les Signaux Routiers (SETRA).
- Aménagement des carrefours (SETRA).
- Memories (Ecole nationaux de travaux public) ; le Projet Routier .

Les documents de la DTP :

- Rapport technique (étude du dédoublement) Avant- Projet Detaille « APD ».
- Rapport géotechnique du sol devant recevoir le projet du dédoublement « Lot Route + Ouvrage d'art ».

Site internet :

- Aides mémoires Routes.
- Google Earth. Schooler
- Wikipidia

Outils informatiques :

- Logiciel autopiste
- Logiciel Piste 5.05
- Logiciel ALIZI III
- Auto CAD 2008
- Microsoft Excel.
- Microsoft Word
- Paint .

ANNEXE

Profil En Long Projet

| Els Caractéristiques | | | Points de Contacts | |
|----------------------|-------------------------|----------|--------------------|----------|
| Nom | Pente / Rayon | Longueur | Abscisse | Altitude |
| Pente 1 | Pente -0.30 % | 83.346 | 0.000 | 74.998 |
| Parabole 1 | Pente -0.30 % | 120.000 | 83.346 | 74.748 |
| | Rayon 20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 143.346 m | | | |
| | Sommet Alt. 74.658 m | | | |
| Pente 2 | Pente 0.30 % | 236.654 | 203.346 | 74.748 |
| Parabole 2 | Pente 0.30 % | 120.000 | 440.000 | 75.458 |
| | Rayon -20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 500.000 m | | | |
| | Sommet Alt. 75.548 m | | | |
| Pente 3 | Pente -0.30 % | 380.000 | 560.000 | 75.458 |
| Parabole 3 | Pente -0.30 % | 120.000 | 940.000 | 74.318 |
| | Rayon 20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 1000.000 m | | | |
| | Sommet Alt. 74.228 m | | | |
| Pente 4 | Pente 0.30 % | 830.000 | 1060.000 | 74.318 |
| Parabole 4 | Pente 0.30 % | 120.000 | 1890.000 | 76.808 |
| | Rayon -20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 1950.000 m | | | |
| | Sommet Alt. 76.898 m | | | |
| Pente 5 | Pente -0.30 % | 147.160 | 2010.000 | 76.808 |
| Parabole 5 | Pente -0.30 % | 120.000 | 2157.160 | 76.366 |
| | Rayon 20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 2217.160 m | | | |
| | Sommet Alt. 76.276 m | | | |
| Pente 6 | Pente 0.30 % | 902.840 | 2277.160 | 76.366 |
| Parabole 6 | Pente 0.30 % | 120.000 | 3180.000 | 79.075 |
| | Rayon -20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 3240.000 m | | | |
| | Sommet Alt. 79.165 m | | | |
| Pente 7 | Pente -0.30 % | 220.319 | 3300.000 | 79.075 |
| Parabole 7 | Pente -0.30 % | 159.361 | 3520.319 | 78.414 |
| | Rayon 20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 3580.319 m | | | |
| | Sommet Alt. 78.324 m | | | |
| Pente 8 | Pente 0.50 % | 1460.797 | 3679.681 | 78.570 |
| Parabole 8 | Pente 0.50 % | 159.044 | 5140.478 | 85.828 |
| | Rayon -20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 5239.840 m | | | |
| | Sommet Alt. 86.075 m | | | |
| Pente 9 | Pente -0.30 % | 100.360 | 5299.522 | 85.986 |
| Parabole 9 | Pente -0.30 % | 120.236 | 5399.882 | 85.686 |
| | Rayon 20000.000 m | | | |
| | Sommet Absc. 5459.564 m | | | |
| | Sommet Alt. 85.597 m | | | |
| Pente 10 | Pente 0.30 % | 510.485 | 5520.118 | 85.689 |

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | |
|--|---|----------|--------------------|----------|
| Nom | Pente / Rayon | Longueur | Abscisse | Altitude |
| Parabole 10 | Pente 0.30 % Rayon -20000.000 m Sommet Absc. 6091.157 m Sommet Alt. 87.326 m Pente -0.30 % | 120.554 | 6030.603 | 87.234 |
| Pente 11 | Pente -0.30 % | 330.723 | 6151.157 | 87.236 |
| Parabole 11 | Pente -0.30 % Rayon 20000.000 m Sommet Absc. 6541.880 m Sommet Alt. 86.154 m Pente 0.30 % | 120.000 | 6481.880 | 86.244 |
| Pente 12 | Pente 0.30 % | 857.427 | 6601.880 | 86.244 |
| Parabole 12 | Pente 0.30 % Rayon -20000.000 m Sommet Absc. 7519.307 m Sommet Alt. 88.906 m Pente -0.33 % | 125.138 | 7459.307 | 88.816 |
| Pente 13 | Pente -0.33 % | 371.204 | 7584.445 | 88.800 |
| Parabole 13 | Pente -0.33 % Rayon 20000.000 m Sommet Absc. 8020.787 m Sommet Alt. 87.485 m Pente 0.30 % | 125.138 | 7955.649 | 87.591 |
| Pente 14 | Pente 0.30 % | 615.320 | 8080.787 | 87.575 |
| Parabole 14 | Pente 0.30 % Rayon -20000.000 m Sommet Absc. 8756.107 m Sommet Alt. 89.511 m Pente -0.30 % | 120.000 | 8696.107 | 89.421 |
| Pente 15 | Pente -0.30 % | 695.511 | 8816.107 | 89.421 |
| Parabole 15 | Pente -0.30 % Rayon 20000.000 m Sommet Absc. 9571.618 m Sommet Alt. 87.244 m Pente 0.30 % | 119.734 | 9511.618 | 87.334 |
| Pente 16 | Pente 0.30 % | 1401.485 | 9631.352 | 87.334 |
| Parabole 16 | Pente 0.30 % Rayon -20000.000 m Sommet Absc. 11092.571 m Sommet Alt. 91.609 m Pente -0.30 % | 119.734 | 11032.837 | 91.519 |
| Pente 17 | Pente -0.30 % | 244.143 | 11152.571 | 91.519 |
| | | | 11396.714 | 90.786 |
| Longueur totale de l'axe 11396.714 mètre(s) | | | | |

Axe En Plan

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|--|------------------------|----------|--------------------|------------|-------------|
| Nom | Paramètres | Longueur | Abscisse | X | Y |
| Droite 1 | Gisement 67.2637 g | 1256.306 | 0.000 | 750777.657 | 3845164.044 |
| Clothoïde 1 | Paramètre 133.000 | 19.654 | 1256.306 | 751871.493 | 3845781.966 |
| Arc 1 | Rayon 900.000 m | 147.593 | 1275.960 | 751888.570 | 3845791.695 |
| | Centre X 751437.370 m | | | | |
| | Centre Y 3846570.424 m | | | | |
| Clothoïde 2 | Paramètre -133.000 | 19.654 | 1423.554 | 752009.651 | 3845875.805 |
| Droite 2 | Gisement 55.4334 g | 7595.351 | 1443.208 | 752024.729 | 3845888.413 |
| Clothoïde 3 | Paramètre 133.000 | 19.654 | 9038.559 | 757833.724 | 3850781.768 |
| Arc 2 | Rayon 900.000 m | 279.802 | 9058.213 | 757848.710 | 3850794.485 |
| | Centre X 757261.397 m | | | | |
| | Centre Y 3851476.441 m | | | | |
| Clothoïde 4 | Paramètre -133.000 | 19.654 | 9338.015 | 758029.170 | 3851006.840 |
| Droite 3 | Gisement 34.2512 g | 2039.045 | 9357.669 | 758039.303 | 3851023.681 |
| | | | 11396.714 | 759084.177 | 3852774.664 |
| Longueur totale de l'axe 11396.714 mètre(s) | | | | | |

Cubatures Décapage (compensé)

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|------|----------|--------|----------|--------|------------------------|----------|----------|------------------|----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.1 | 0.000 | 15.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 74.451 | 74.451 | 372.25 | 372.25 |
| P.2 | 30.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.69 | 140.735 | 215.186 | 703.68 | 1075.93 |
| P.3 | 60.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.35 | 130.494 | 345.681 | 652.47 | 1728.40 |
| P.4 | 90.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.877 | 494.557 | 744.38 | 2472.79 |
| P.5 | 120.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.830 | 643.387 | 744.15 | 3216.94 |
| P.6 | 150.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.00 | 150.127 | 793.515 | 750.64 | 3967.57 |
| P.7 | 180.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.01 | 150.446 | 943.961 | 752.23 | 4719.80 |
| P.8 | 210.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 151.962 | 1095.923 | 759.81 | 5479.62 |
| P.9 | 240.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.472 | 1249.395 | 767.36 | 6246.98 |
| P.10 | 270.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.18 | 155.269 | 1404.665 | 776.35 | 7023.32 |
| P.11 | 300.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.26 | 157.802 | 1562.466 | 789.01 | 7812.33 |
| P.12 | 330.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.34 | 160.099 | 1722.566 | 800.50 | 8612.83 |
| P.13 | 360.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.41 | 162.437 | 1885.003 | 812.19 | 9425.01 |
| P.14 | 390.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.34 | 160.219 | 2045.222 | 801.10 | 10226.11 |
| P.15 | 420.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.580 | 2198.802 | 767.90 | 10994.01 |
| P.16 | 450.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 152.049 | 2350.850 | 760.24 | 11754.25 |
| P.17 | 480.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.11 | 153.379 | 2504.229 | 766.90 | 12521.15 |
| P.18 | 510.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.36 | 160.942 | 2665.172 | 804.71 | 13325.86 |
| P.19 | 540.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.27 | 158.229 | 2823.400 | 791.14 | 14117.00 |
| P.20 | 570.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.483 | 2976.883 | 767.41 | 14884.41 |
| P.21 | 600.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.18 | 155.469 | 3132.352 | 777.34 | 15661.76 |
| P.22 | 630.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.21 | 156.261 | 3288.613 | 781.31 | 16443.06 |
| P.23 | 660.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.98 | 149.378 | 3437.991 | 746.89 | 17189.96 |
| P.24 | 690.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.86 | 145.738 | 3583.729 | 728.69 | 17918.64 |
| P.25 | 720.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.495 | 3728.223 | 722.47 | 18641.12 |
| P.26 | 750.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 143.987 | 3872.210 | 719.93 | 19361.05 |
| P.27 | 780.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.245 | 4014.455 | 711.22 | 20072.27 |
| P.28 | 810.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.71 | 141.263 | 4155.718 | 706.32 | 20778.59 |
| P.29 | 840.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.66 | 139.811 | 4295.529 | 699.05 | 21477.64 |
| P.30 | 870.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.60 | 137.898 | 4433.426 | 689.49 | 22167.13 |
| P.31 | 900.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 137.226 | 4570.652 | 686.13 | 22853.26 |
| P.32 | 930.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.50 | 135.124 | 4705.776 | 675.62 | 23528.88 |
| P.33 | 960.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.46 | 133.687 | 4839.463 | 668.43 | 24197.32 |
| P.34 | 990.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.44 | 133.222 | 4972.685 | 666.11 | 24863.42 |
| P.35 | 1020.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.46 | 133.675 | 5106.360 | 668.38 | 25531.80 |
| P.36 | 1050.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.48 | 134.421 | 5240.781 | 672.10 | 26203.90 |
| P.37 | 1080.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.51 | 135.354 | 5376.134 | 676.77 | 26880.67 |
| P.38 | 1110.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.55 | 136.358 | 5512.493 | 681.79 | 27562.46 |
| P.39 | 1140.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.199 | 5651.691 | 695.99 | 28258.46 |
| P.40 | 1170.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.69 | 140.764 | 5792.455 | 703.82 | 28962.28 |
| P.41 | 1200.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.71 | 141.246 | 5933.701 | 706.23 | 29668.51 |
| P.42 | 1230.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.78 | 143.367 | 6077.069 | 716.84 | 30385.34 |
| P.43 | 1260.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.83 | 144.909 | 6221.978 | 724.55 | 31109.89 |
| P.44 | 1290.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.88 | 146.345 | 6368.322 | 731.72 | 31841.61 |
| P.45 | 1320.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.88 | 146.570 | 6514.892 | 732.85 | 32574.46 |
| P.46 | 1350.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.86 | 145.789 | 6660.681 | 728.95 | 33303.41 |
| P.47 | 1380.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.83 | 144.953 | 6805.634 | 724.76 | 34028.17 |
| P.48 | 1410.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.051 | 6949.685 | 720.26 | 34748.43 |
| P.49 | 1440.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.68 | 140.389 | 7090.075 | 701.95 | 35450.37 |
| P.50 | 1470.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.65 | 139.417 | 7229.492 | 697.09 | 36147.46 |
| P.51 | 1500.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.54 | 136.083 | 7365.575 | 680.41 | 36827.87 |
| P.52 | 1530.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.52 | 135.639 | 7501.213 | 678.19 | 37506.07 |
| P.53 | 1560.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.46 | 133.894 | 7635.107 | 669.47 | 38175.54 |
| P.54 | 1590.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.42 | 132.510 | 7767.617 | 662.55 | 38838.09 |
| P.55 | 1620.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.32 | 129.580 | 7897.197 | 647.90 | 39485.98 |
| P.56 | 1650.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.23 | 126.784 | 8023.981 | 633.92 | 40119.90 |
| P.57 | 1680.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.30 | 129.080 | 8153.061 | 645.40 | 40765.30 |
| P.58 | 1710.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.34 | 130.223 | 8283.283 | 651.11 | 41416.42 |
| P.59 | 1740.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.24 | 127.098 | 8410.381 | 635.49 | 42051.90 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|----------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.60 | 1770.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.41 | 132.243 | 8542.624 | 661.22 | 42713.12 |
| P.61 | 1800.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.41 | 132.353 | 8674.977 | 661.76 | 43374.88 |
| P.62 | 1830.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.50 | 135.106 | 8810.083 | 675.53 | 44050.42 |
| P.63 | 1860.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.54 | 136.325 | 8946.409 | 681.63 | 44732.04 |
| P.64 | 1890.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.58 | 137.326 | 9083.734 | 686.63 | 45418.67 |
| P.65 | 1920.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.556 | 9222.291 | 692.78 | 46111.45 |
| P.66 | 1950.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.560 | 9360.850 | 692.80 | 46804.25 |
| P.67 | 1980.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.066 | 9499.916 | 695.33 | 47499.58 |
| P.68 | 2010.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.58 | 137.310 | 9637.226 | 686.55 | 48186.13 |
| P.69 | 2040.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.44 | 133.069 | 9770.296 | 665.35 | 48851.48 |
| P.70 | 2070.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.42 | 132.495 | 9902.790 | 662.47 | 49513.95 |
| P.71 | 2100.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.795 | 10035.585 | 663.97 | 50177.92 |
| P.72 | 2130.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.45 | 133.358 | 10168.942 | 666.79 | 50844.71 |
| P.73 | 2160.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.32 | 129.662 | 10298.604 | 648.31 | 51493.02 |
| P.74 | 2190.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.21 | 126.353 | 10424.957 | 631.77 | 52124.79 |
| P.75 | 2220.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.22 | 126.567 | 10551.525 | 632.84 | 52757.62 |
| P.76 | 2250.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.19 | 125.702 | 10677.227 | 628.51 | 53386.13 |
| P.77 | 2280.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.22 | 126.708 | 10803.935 | 633.54 | 54019.67 |
| P.78 | 2310.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.24 | 127.089 | 10931.024 | 635.45 | 54655.12 |
| P.79 | 2340.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.28 | 128.294 | 11059.318 | 641.47 | 55296.59 |
| P.80 | 2370.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.33 | 129.847 | 11189.165 | 649.23 | 55945.83 |
| P.81 | 2400.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.31 | 129.235 | 11318.400 | 646.17 | 56592.00 |
| P.82 | 2430.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.39 | 131.586 | 11449.986 | 657.93 | 57249.93 |
| P.83 | 2460.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.46 | 133.761 | 11583.747 | 668.80 | 57918.74 |
| P.84 | 2490.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.61 | 138.251 | 11721.998 | 691.25 | 58609.99 |
| P.85 | 2520.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.126 | 11864.124 | 710.63 | 59320.62 |
| P.86 | 2550.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 143.987 | 12008.111 | 719.93 | 60040.55 |
| P.87 | 2580.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.630 | 12152.741 | 723.15 | 60763.70 |
| P.88 | 2610.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.87 | 146.143 | 12298.884 | 730.72 | 61494.42 |
| P.89 | 2640.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.97 | 149.024 | 12447.908 | 745.12 | 62239.54 |
| P.90 | 2670.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.03 | 150.818 | 12598.726 | 754.09 | 62993.63 |
| P.91 | 2700.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.01 | 150.386 | 12749.111 | 751.93 | 63745.56 |
| P.92 | 2730.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.02 | 150.536 | 12899.647 | 752.68 | 64498.24 |
| P.93 | 2760.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.00 | 149.927 | 13049.574 | 749.63 | 65247.87 |
| P.94 | 2790.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.95 | 148.602 | 13198.176 | 743.01 | 65990.88 |
| P.95 | 2820.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.919 | 13347.095 | 744.59 | 66735.47 |
| P.96 | 2850.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.00 | 149.965 | 13497.060 | 749.83 | 67485.30 |
| P.97 | 2880.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.01 | 150.181 | 13647.240 | 750.90 | 68236.20 |
| P.98 | 2910.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.03 | 150.856 | 13798.096 | 754.28 | 68990.48 |
| P.99 | 2940.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.05 | 151.482 | 13949.578 | 757.41 | 69747.89 |
| P.100 | 2970.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.11 | 153.249 | 14102.828 | 766.25 | 70514.14 |
| P.101 | 3000.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.17 | 155.119 | 14257.947 | 775.60 | 71289.73 |
| P.102 | 3030.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.15 | 154.377 | 14412.324 | 771.89 | 72061.62 |
| P.103 | 3060.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.11 | 153.186 | 14565.510 | 765.93 | 72827.55 |
| P.104 | 3090.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.09 | 152.787 | 14718.296 | 763.93 | 73591.48 |
| P.105 | 3120.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.04 | 151.310 | 14869.607 | 756.55 | 74348.03 |
| P.106 | 3150.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.99 | 149.760 | 15019.367 | 748.80 | 75096.84 |
| P.107 | 3180.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.95 | 148.402 | 15167.769 | 742.01 | 75838.85 |
| P.108 | 3210.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.88 | 146.476 | 15314.245 | 732.38 | 76571.23 |
| P.109 | 3240.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.93 | 148.025 | 15462.270 | 740.12 | 77311.35 |
| P.110 | 3270.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.03 | 150.945 | 15613.215 | 754.73 | 78066.07 |
| P.111 | 3300.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.13 | 153.853 | 15767.068 | 769.27 | 78835.34 |
| P.112 | 3330.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.16 | 154.799 | 15921.867 | 773.99 | 79609.33 |
| P.113 | 3360.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.462 | 16075.329 | 767.31 | 80376.64 |
| P.114 | 3390.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 152.074 | 16227.403 | 760.37 | 81137.01 |
| P.115 | 3420.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.02 | 150.456 | 16377.858 | 752.28 | 81889.29 |
| P.116 | 3450.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.874 | 16526.732 | 744.37 | 82633.66 |
| P.117 | 3480.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.89 | 146.623 | 16673.355 | 733.11 | 83366.77 |
| P.118 | 3510.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.606 | 16817.961 | 723.03 | 84089.81 |
| P.119 | 3540.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.76 | 142.827 | 16960.788 | 714.14 | 84803.94 |
| P.120 | 3570.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.54 | 136.054 | 17096.842 | 680.27 | 85484.21 |
| P.121 | 3600.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.33 | 130.031 | 17226.874 | 650.16 | 86134.37 |
| P.122 | 3630.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.23 | 126.999 | 17353.873 | 635.00 | 86769.37 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|----------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.123 | 3660.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.18 | 125.493 | 17479.366 | 627.46 | 87396.83 |
| P.124 | 3690.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.23 | 126.769 | 17606.135 | 633.85 | 88030.68 |
| P.125 | 3720.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.29 | 128.603 | 17734.738 | 643.01 | 88673.69 |
| P.126 | 3750.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.32 | 129.688 | 17864.426 | 648.44 | 89322.13 |
| P.127 | 3780.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.36 | 130.732 | 17995.158 | 653.66 | 89975.79 |
| P.128 | 3810.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.38 | 131.419 | 18126.577 | 657.09 | 90632.88 |
| P.129 | 3840.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.37 | 131.059 | 18257.636 | 655.30 | 91288.18 |
| P.130 | 3870.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.30 | 129.071 | 18386.707 | 645.35 | 91933.53 |
| P.131 | 3900.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.16 | 124.828 | 18511.535 | 624.14 | 92557.67 |
| P.132 | 3930.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.15 | 124.606 | 18636.141 | 623.03 | 93180.70 |
| P.133 | 3960.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.12 | 123.512 | 18759.653 | 617.56 | 93798.26 |
| P.134 | 3990.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.11 | 123.313 | 18882.966 | 616.57 | 94414.83 |
| P.135 | 4020.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.16 | 124.855 | 19007.822 | 624.28 | 95039.11 |
| P.136 | 4050.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.12 | 123.674 | 19131.496 | 618.37 | 95657.48 |
| P.137 | 4080.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.15 | 124.372 | 19255.868 | 621.86 | 96279.34 |
| P.138 | 4110.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.15 | 124.374 | 19380.242 | 621.87 | 96901.21 |
| P.139 | 4140.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.13 | 123.761 | 19504.003 | 618.81 | 97520.02 |
| P.140 | 4170.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.11 | 123.416 | 19627.419 | 617.08 | 98137.09 |
| P.141 | 4200.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.15 | 124.514 | 19751.933 | 622.57 | 98759.67 |
| P.142 | 4230.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.20 | 126.009 | 19877.942 | 630.04 | 99389.71 |
| P.143 | 4260.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.24 | 127.124 | 20005.066 | 635.62 | 100025.33 |
| P.144 | 4290.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.25 | 127.352 | 20132.418 | 636.76 | 100662.09 |
| P.145 | 4320.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.22 | 126.607 | 20259.025 | 633.04 | 101295.13 |
| P.146 | 4350.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.26 | 127.761 | 20386.786 | 638.80 | 101933.93 |
| P.147 | 4380.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.28 | 128.404 | 20515.190 | 642.02 | 102575.95 |
| P.148 | 4410.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.30 | 128.860 | 20644.050 | 644.30 | 103220.25 |
| P.149 | 4440.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.35 | 130.357 | 20774.407 | 651.79 | 103872.04 |
| P.150 | 4470.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.35 | 130.522 | 20904.929 | 652.61 | 104524.65 |
| P.151 | 4500.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.33 | 129.953 | 21034.883 | 649.77 | 105174.41 |
| P.152 | 4530.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.33 | 129.975 | 21164.858 | 649.88 | 105824.29 |
| P.153 | 4560.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.37 | 131.177 | 21296.035 | 655.88 | 106480.18 |
| P.154 | 4590.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.39 | 131.825 | 21427.860 | 659.13 | 107139.30 |
| P.155 | 4620.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.40 | 132.005 | 21559.866 | 660.03 | 107799.33 |
| P.156 | 4650.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.52 | 135.714 | 21695.579 | 678.57 | 108477.90 |
| P.157 | 4680.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.56 | 136.943 | 21832.523 | 684.72 | 109162.61 |
| P.158 | 4710.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.714 | 21971.236 | 693.57 | 109856.18 |
| P.159 | 4740.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.69 | 140.642 | 22111.879 | 703.21 | 110559.39 |
| P.160 | 4770.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.70 | 140.963 | 22252.842 | 704.82 | 111264.21 |
| P.161 | 4800.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.71 | 141.322 | 22394.164 | 706.61 | 111970.82 |
| P.162 | 4830.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.68 | 140.361 | 22534.525 | 701.80 | 112672.62 |
| P.163 | 4860.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.163 | 22673.688 | 695.82 | 113368.44 |
| P.164 | 4890.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.089 | 22812.776 | 695.44 | 114063.88 |
| P.165 | 4920.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.721 | 22951.497 | 693.60 | 114757.48 |
| P.166 | 4950.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.67 | 140.113 | 23091.610 | 700.57 | 115458.05 |
| P.167 | 4980.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.72 | 141.683 | 23233.293 | 708.41 | 116166.46 |
| P.168 | 5010.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.78 | 143.301 | 23376.594 | 716.51 | 116882.97 |
| P.169 | 5040.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.70 | 140.993 | 23517.588 | 704.97 | 117587.94 |
| P.170 | 5070.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.68 | 140.257 | 23657.845 | 701.29 | 118289.22 |
| P.171 | 5100.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.66 | 139.869 | 23797.714 | 699.34 | 118988.57 |
| P.172 | 5130.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.68 | 140.287 | 23938.001 | 701.43 | 119690.00 |
| P.173 | 5160.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.463 | 24082.463 | 722.31 | 120412.32 |
| P.174 | 5190.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.87 | 146.159 | 24228.622 | 730.80 | 121143.11 |
| P.175 | 5220.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.90 | 147.111 | 24375.734 | 735.56 | 121878.67 |
| P.176 | 5250.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.92 | 147.547 | 24523.281 | 737.74 | 122616.40 |
| P.177 | 5280.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.651 | 24667.931 | 723.25 | 123339.66 |
| P.178 | 5310.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.648 | 24810.580 | 713.24 | 124052.90 |
| P.179 | 5340.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.65 | 139.561 | 24950.140 | 697.80 | 124750.70 |
| P.180 | 5370.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.53 | 135.769 | 25085.909 | 678.84 | 125429.55 |
| P.181 | 5400.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.41 | 132.373 | 25218.282 | 661.86 | 126091.41 |
| P.182 | 5430.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.26 | 127.674 | 25345.955 | 638.37 | 126729.78 |
| P.183 | 5460.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.15 | 124.556 | 25470.511 | 622.78 | 127352.56 |
| P.184 | 5490.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.09 | 122.559 | 25593.071 | 612.80 | 127965.35 |
| P.185 | 5520.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.12 | 123.577 | 25716.648 | 617.89 | 128583.24 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|----------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.186 | 5550.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.18 | 125.455 | 25842.103 | 627.27 | 129210.51 |
| P.187 | 5580.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.28 | 128.468 | 25970.571 | 642.34 | 129852.85 |
| P.188 | 5610.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.35 | 130.499 | 26101.069 | 652.49 | 130505.35 |
| P.189 | 5640.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.38 | 131.381 | 26232.450 | 656.90 | 131162.25 |
| P.190 | 5670.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.48 | 134.470 | 26366.921 | 672.35 | 131834.60 |
| P.191 | 5700.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.56 | 136.727 | 26503.648 | 683.63 | 132518.24 |
| P.192 | 5730.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.55 | 136.616 | 26640.263 | 683.08 | 133201.32 |
| P.193 | 5760.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.51 | 135.381 | 26775.644 | 676.91 | 133878.22 |
| P.194 | 5790.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.50 | 135.062 | 26910.706 | 675.31 | 134553.53 |
| P.195 | 5820.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.60 | 137.973 | 27048.679 | 689.86 | 135243.39 |
| P.196 | 5850.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.65 | 139.582 | 27188.261 | 697.91 | 135941.31 |
| P.197 | 5880.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.483 | 27330.744 | 712.41 | 136653.72 |
| P.198 | 5910.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.79 | 143.635 | 27474.380 | 718.18 | 137371.90 |
| P.199 | 5940.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.81 | 144.233 | 27618.612 | 721.16 | 138093.06 |
| P.200 | 5970.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.492 | 27761.104 | 712.46 | 138805.52 |
| P.201 | 6000.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.693 | 27909.797 | 743.46 | 139548.98 |
| P.202 | 6030.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.99 | 149.792 | 28059.589 | 748.96 | 140297.94 |
| P.203 | 6060.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.00 | 149.981 | 28209.569 | 749.90 | 141047.85 |
| P.204 | 6090.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.01 | 150.366 | 28359.935 | 751.83 | 141799.68 |
| P.205 | 6120.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.02 | 150.492 | 28510.427 | 752.46 | 142552.14 |
| P.206 | 6150.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.10 | 153.106 | 28663.534 | 765.53 | 143317.67 |
| P.207 | 6180.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 152.134 | 28815.668 | 760.67 | 144078.34 |
| P.208 | 6210.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.98 | 149.285 | 28964.953 | 746.43 | 144824.77 |
| P.209 | 6240.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.73 | 141.827 | 29106.780 | 709.13 | 145533.90 |
| P.210 | 6270.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.23 | 126.813 | 29233.593 | 634.07 | 146167.97 |
| P.211 | 6300.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.30 | 129.033 | 29362.626 | 645.17 | 146813.13 |
| P.212 | 6330.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.868 | 29495.494 | 664.34 | 147477.47 |
| P.213 | 6360.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.52 | 135.482 | 29630.977 | 677.41 | 148154.88 |
| P.214 | 6390.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.44 | 133.272 | 29764.249 | 666.36 | 148821.24 |
| P.215 | 6420.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.575 | 29902.823 | 692.87 | 149514.12 |
| P.216 | 6450.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.40 | 131.983 | 30034.806 | 659.91 | 150174.03 |
| P.217 | 6480.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.30 | 128.890 | 30163.696 | 644.45 | 150818.48 |
| P.218 | 6510.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.19 | 125.694 | 30289.390 | 628.47 | 151446.95 |
| P.219 | 6540.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.16 | 124.714 | 30414.105 | 623.57 | 152070.52 |
| P.220 | 6570.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.08 | 122.505 | 30536.609 | 612.52 | 152683.05 |
| P.221 | 6600.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.00 | 149.932 | 30686.541 | 749.66 | 153432.71 |
| P.222 | 6630.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.04 | 151.076 | 30837.618 | 755.38 | 154188.09 |
| P.223 | 6660.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.54 | 136.207 | 30973.825 | 681.04 | 154869.12 |
| P.224 | 6690.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.22 | 126.559 | 31100.384 | 632.79 | 155501.92 |
| P.225 | 6720.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.18 | 125.502 | 31225.885 | 627.51 | 156129.43 |
| P.226 | 6750.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.32 | 129.609 | 31355.495 | 648.05 | 156777.47 |
| P.227 | 6780.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.36 | 130.867 | 31486.361 | 654.33 | 157431.81 |
| P.228 | 6810.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.37 | 131.031 | 31617.392 | 655.15 | 158086.96 |
| P.229 | 6840.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.37 | 131.184 | 31748.576 | 655.92 | 158742.88 |
| P.230 | 6870.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.945 | 31881.521 | 664.72 | 159407.60 |
| P.231 | 6900.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.42 | 132.480 | 32014.000 | 662.40 | 160070.00 |
| P.232 | 6930.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.45 | 133.606 | 32147.606 | 668.03 | 160738.03 |
| P.233 | 6960.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.45 | 133.645 | 32281.251 | 668.22 | 161406.25 |
| P.234 | 6990.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.42 | 132.652 | 32413.902 | 663.26 | 162069.51 |
| P.235 | 7020.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.768 | 32546.670 | 663.84 | 162733.35 |
| P.236 | 7050.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.916 | 32679.586 | 664.58 | 163397.93 |
| P.237 | 7080.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.911 | 32812.497 | 664.56 | 164062.48 |
| P.238 | 7110.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.83 | 144.815 | 32957.312 | 724.08 | 164786.56 |
| P.239 | 7140.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 152.028 | 33109.340 | 760.14 | 165546.70 |
| P.240 | 7170.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.55 | 136.392 | 33245.732 | 681.96 | 166228.66 |
| P.241 | 7200.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.52 | 135.636 | 33381.368 | 678.18 | 166906.84 |
| P.242 | 7230.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.380 | 33523.748 | 711.90 | 167618.74 |
| P.243 | 7260.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.61 | 138.224 | 33661.972 | 691.12 | 168309.86 |
| P.244 | 7290.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.73 | 141.774 | 33803.747 | 708.87 | 169018.73 |
| P.245 | 7320.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.140 | 33945.887 | 710.70 | 169729.43 |
| P.246 | 7350.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.94 | 148.192 | 34094.079 | 740.96 | 170470.39 |
| P.247 | 7380.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.06 | 151.721 | 34245.800 | 758.61 | 171229.00 |
| P.248 | 7410.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.14 | 154.307 | 34400.107 | 771.53 | 172000.53 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|----------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.249 | 7440.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.20 | 156.041 | 34556.148 | 780.21 | 172780.74 |
| P.250 | 7470.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.11 | 153.347 | 34709.495 | 766.74 | 173547.47 |
| P.251 | 7500.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.99 | 149.683 | 34859.178 | 748.41 | 174295.89 |
| P.252 | 7530.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.21 | 126.299 | 34985.477 | 631.50 | 174927.38 |
| P.253 | 7560.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.18 | 155.318 | 35140.795 | 776.59 | 175703.98 |
| P.254 | 7590.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.675 | 35294.471 | 768.38 | 176472.35 |
| P.255 | 7620.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.12 | 153.662 | 35448.133 | 768.31 | 177240.67 |
| P.256 | 7650.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.11 | 153.420 | 35601.554 | 767.10 | 178007.77 |
| P.257 | 7680.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.06 | 151.744 | 35753.298 | 758.72 | 178766.49 |
| P.258 | 7710.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.05 | 151.521 | 35904.818 | 757.60 | 179524.09 |
| P.259 | 7740.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.03 | 150.822 | 36055.640 | 754.11 | 180278.20 |
| P.260 | 7770.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.767 | 36204.407 | 743.84 | 181022.04 |
| P.261 | 7800.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.067 | 36348.475 | 720.34 | 181742.37 |
| P.262 | 7830.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.510 | 36492.985 | 722.55 | 182464.92 |
| P.263 | 7860.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.69 | 140.550 | 36633.535 | 702.75 | 183167.67 |
| P.264 | 7890.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.70 | 140.906 | 36774.441 | 704.53 | 183872.20 |
| P.265 | 7920.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.67 | 140.108 | 36914.549 | 700.54 | 184572.74 |
| P.266 | 7950.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.60 | 137.868 | 37052.416 | 689.34 | 185262.08 |
| P.267 | 7980.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 136.995 | 37189.412 | 684.98 | 185947.06 |
| P.268 | 8010.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.51 | 135.372 | 37324.784 | 676.86 | 186623.92 |
| P.269 | 8040.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.52 | 135.588 | 37460.372 | 677.94 | 187301.86 |
| P.270 | 8070.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.50 | 134.859 | 37595.231 | 674.30 | 187976.16 |
| P.271 | 8100.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.47 | 134.138 | 37729.369 | 670.69 | 188646.84 |
| P.272 | 8130.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.49 | 134.634 | 37864.003 | 673.17 | 189320.01 |
| P.273 | 8160.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.60 | 137.989 | 38001.991 | 689.94 | 190009.96 |
| P.274 | 8190.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.78 | 143.481 | 38145.473 | 717.41 | 190727.36 |
| P.275 | 8220.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.87 | 146.009 | 38291.482 | 730.05 | 191457.41 |
| P.276 | 8250.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.07 | 152.051 | 38443.533 | 760.26 | 192217.67 |
| P.277 | 8280.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.41 | 162.362 | 38605.895 | 811.81 | 193029.48 |
| P.278 | 8310.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.55 | 166.387 | 38772.282 | 831.93 | 193861.41 |
| P.279 | 8340.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 6.07 | 182.068 | 38954.351 | 910.34 | 194771.75 |
| P.280 | 8370.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.88 | 176.427 | 39130.778 | 882.14 | 195653.89 |
| P.281 | 8400.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.37 | 161.201 | 39291.978 | 806.00 | 196459.89 |
| P.282 | 8430.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 6.39 | 191.737 | 39483.716 | 958.69 | 197418.58 |
| P.283 | 8460.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 8.31 | 249.277 | 39732.992 | 1246.38 | 198664.96 |
| P.284 | 8490.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 9.76 | 292.677 | 40025.669 | 1463.38 | 200128.35 |
| P.285 | 8520.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 10.80 | 323.876 | 40349.545 | 1619.38 | 201747.73 |
| P.286 | 8550.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 6.84 | 205.080 | 40554.626 | 1025.40 | 202773.13 |
| P.287 | 8580.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.82 | 174.551 | 40729.177 | 872.76 | 203645.88 |
| P.288 | 8610.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.86 | 175.661 | 40904.838 | 878.30 | 204524.19 |
| P.289 | 8640.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.95 | 178.408 | 41083.246 | 892.04 | 205416.23 |
| P.290 | 8670.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.99 | 179.785 | 41263.031 | 898.93 | 206315.16 |
| P.291 | 8700.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.99 | 179.636 | 41442.667 | 898.18 | 207213.34 |
| P.292 | 8730.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.93 | 177.782 | 41620.449 | 888.91 | 208102.25 |
| P.293 | 8760.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.94 | 178.239 | 41798.688 | 891.19 | 208993.44 |
| P.294 | 8790.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.90 | 177.105 | 41975.793 | 885.53 | 209878.96 |
| P.295 | 8820.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.86 | 175.931 | 42151.724 | 879.66 | 210758.62 |
| P.296 | 8850.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.88 | 176.374 | 42328.098 | 881.87 | 211640.49 |
| P.297 | 8880.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.85 | 175.485 | 42503.583 | 877.43 | 212517.92 |
| P.298 | 8910.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.87 | 176.053 | 42679.636 | 880.26 | 213398.18 |
| P.299 | 8940.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.88 | 176.482 | 42856.118 | 882.41 | 214280.59 |
| P.300 | 8970.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.83 | 174.839 | 43030.957 | 874.20 | 215154.78 |
| P.301 | 9000.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.77 | 173.115 | 43204.072 | 865.58 | 216020.36 |
| P.302 | 9030.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.62 | 168.509 | 43372.581 | 842.54 | 216862.91 |
| P.303 | 9060.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.46 | 163.939 | 43536.520 | 819.69 | 217682.60 |
| P.304 | 9090.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.59 | 167.642 | 43704.162 | 838.21 | 218520.81 |
| P.305 | 9120.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.51 | 165.222 | 43869.384 | 826.11 | 219346.92 |
| P.306 | 9150.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.41 | 162.403 | 44031.787 | 812.01 | 220158.93 |
| P.307 | 9180.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.05 | 151.371 | 44183.157 | 756.85 | 220915.79 |
| P.308 | 9210.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.35 | 160.734 | 44343.891 | 803.67 | 221719.46 |
| P.309 | 9240.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.36 | 160.753 | 44504.645 | 803.77 | 222523.22 |
| P.310 | 9270.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.34 | 160.173 | 44664.818 | 800.87 | 223324.09 |
| P.311 | 9300.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.23 | 157.094 | 44821.912 | 785.47 | 224109.56 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|---------------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.312 | 9330.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.17 | 155.130 | 44977.042 | 775.65 | 224885.21 |
| P.313 | 9360.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.06 | 151.839 | 45128.881 | 759.20 | 225644.40 |
| P.314 | 9390.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.92 | 147.632 | 45276.513 | 738.16 | 226382.56 |
| P.315 | 9420.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.81 | 144.181 | 45420.693 | 720.90 | 227103.47 |
| P.316 | 9450.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.73 | 141.838 | 45562.532 | 709.19 | 227812.66 |
| P.317 | 9480.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.60 | 137.895 | 45700.427 | 689.48 | 228502.13 |
| P.318 | 9510.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.51 | 135.246 | 45835.673 | 676.23 | 229178.36 |
| P.319 | 9540.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.43 | 132.993 | 45968.666 | 664.96 | 229843.33 |
| P.320 | 9570.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 5.06 | 151.874 | 46120.540 | 759.37 | 230602.70 |
| P.321 | 9600.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.31 | 129.284 | 46249.824 | 646.42 | 231249.12 |
| P.322 | 9630.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 137.017 | 46386.841 | 685.09 | 231934.20 |
| P.323 | 9660.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.76 | 142.871 | 46529.712 | 714.35 | 232648.56 |
| P.324 | 9690.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.255 | 46668.967 | 696.27 | 233344.83 |
| P.325 | 9720.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 137.108 | 46806.075 | 685.54 | 234030.37 |
| P.326 | 9750.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 136.964 | 46943.038 | 684.82 | 234715.19 |
| P.327 | 9780.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.159 | 47082.198 | 695.80 | 235410.99 |
| P.328 | 9810.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.67 | 140.150 | 47222.348 | 700.75 | 236111.74 |
| P.329 | 9840.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.70 | 140.999 | 47363.347 | 705.00 | 236816.73 |
| P.330 | 9870.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.72 | 141.698 | 47505.045 | 708.49 | 237525.23 |
| P.331 | 9900.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.390 | 47647.435 | 711.95 | 238237.17 |
| P.332 | 9930.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.78 | 143.465 | 47790.899 | 717.32 | 238954.50 |
| P.333 | 9960.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.78 | 143.466 | 47934.366 | 717.33 | 239671.83 |
| P.334 | 9990.000 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.269 | 48076.635 | 711.35 | 240383.17 |
| P.335 | 10020.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.278 | 48218.913 | 711.39 | 241094.57 |
| P.336 | 10050.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.68 | 140.289 | 48359.202 | 701.44 | 241796.01 |
| P.337 | 10080.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.56 | 136.939 | 48496.141 | 684.69 | 242480.70 |
| P.338 | 10110.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.56 | 136.897 | 48633.038 | 684.48 | 243165.19 |
| P.339 | 10140.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.58 | 137.384 | 48770.422 | 686.92 | 243852.11 |
| P.340 | 10170.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.61 | 138.214 | 48908.636 | 691.07 | 244543.18 |
| P.341 | 10200.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.69 | 140.758 | 49049.394 | 703.79 | 245246.97 |
| P.342 | 10230.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.61 | 138.303 | 49187.697 | 691.52 | 245938.48 |
| P.343 | 10260.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.530 | 49326.227 | 692.65 | 246631.14 |
| P.344 | 10290.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.543 | 49464.770 | 692.71 | 247323.85 |
| P.345 | 10320.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.74 | 142.295 | 49607.065 | 711.47 | 248035.32 |
| P.346 | 10350.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.57 | 137.145 | 49744.210 | 685.73 | 248721.05 |
| P.347 | 10380.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.515 | 49882.725 | 692.58 | 249413.63 |
| P.348 | 10410.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.49 | 134.804 | 50017.530 | 674.02 | 250087.65 |
| P.349 | 10440.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.49 | 134.772 | 50152.302 | 673.86 | 250761.51 |
| P.350 | 10470.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.53 | 135.847 | 50288.148 | 679.23 | 251440.74 |
| P.351 | 10500.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.56 | 136.673 | 50424.822 | 683.37 | 252124.11 |
| P.352 | 10530.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.55 | 136.603 | 50561.424 | 683.01 | 252807.12 |
| P.353 | 10560.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.62 | 138.659 | 50700.083 | 693.29 | 253500.42 |
| P.354 | 10590.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.83 | 144.912 | 50844.995 | 724.56 | 254224.98 |
| P.355 | 10620.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.66 | 139.726 | 50984.722 | 698.63 | 254923.61 |
| P.356 | 10650.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.72 | 141.574 | 51126.296 | 707.87 | 255631.48 |
| P.357 | 10680.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.67 | 139.990 | 51266.286 | 699.95 | 256331.43 |

| | | | | | | | | | |
|-------|---------------|-------|------|------|------|---------|-----------|--------|-----------|
| P.358 | 10710.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.64 | 139.113 | 51405.398 | 695.56 | 257026.99 |
| P.359 | 10740.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.79 | 143.777 | 51549.176 | 718.89 | 257745.88 |
| P.360 | 10770.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.054 | 51693.230 | 720.27 | 258466.15 |
| P.361 | 10800.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 143.903 | 51837.133 | 719.51 | 259185.67 |
| P.362 | 10830.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.137 | 51981.270 | 720.69 | 259906.35 |
| P.363 | 10860.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.103 | 52125.374 | 720.52 | 260626.87 |
| P.364 | 10890.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.82 | 144.525 | 52269.899 | 722.63 | 261349.49 |
| P.365 | 10920.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.84 | 145.089 | 52414.988 | 725.44 | 262074.94 |
| P.366 | 10950.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.83 | 144.966 | 52559.954 | 724.83 | 262799.77 |
| P.367 | 10980.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.80 | 144.007 | 52703.960 | 720.03 | 263519.80 |
| P.368 | 11010.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.61 | 138.174 | 52842.134 | 690.87 | 264210.67 |
| P.369 | 11040.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.97 | 149.105 | 52991.239 | 745.52 | 264956.20 |
| P.370 | 11070.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.94 | 148.115 | 53139.355 | 740.58 | 265696.77 |
| P.371 | 11100.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.97 | 149.144 | 53288.499 | 745.72 | 266442.49 |
| P.372 | 11130.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.96 | 148.673 | 53437.171 | 743.36 | 267185.86 |
| P.373 | 11160.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.85 | 145.511 | 53582.683 | 727.56 | 267913.41 |
| P.374 | 11190.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.75 | 142.433 | 53725.116 | 712.17 | 268625.58 |

| Num. | Abscisse | Lg Ap. | Décapage | | Surface En Coupe | Volumes | | Surfaces en plan | |
|-------|---------------|--------|----------|--------|------------------------|----------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Gauche | Droite | | Partiels | Cumulés | Partielles | Cumulées |
| P.375 | 11220.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.67 | 140.186 | 53865.302 | 700.93 | 269326.51 |
| P.376 | 11250.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.58 | 137.375 | 54002.678 | 686.88 | 270013.39 |
| P.377 | 11280.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.32 | 129.688 | 54132.366 | 648.44 | 270661.83 |
| P.378 | 11310.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.34 | 130.172 | 54262.537 | 650.86 | 271312.69 |
| P.379 | 11340.00 0 | 30.00 | 0.20 | 0.20 | 4.13 | 123.882 | 54386.420 | 619.41 | 271932.10 |
| P.380 | 11370.00 0 | 28.36 | 0.20 | 0.20 | 4.04 | 114.629 | 54501.048 | 573.14 | 272505.24 |
| P.381 | 11396.71 4 | 13.36 | 0.20 | 0.20 | 4.93 | 65.853 | 54566.902 | 329.27 | 272834.51 |

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (compensé)

Accotement

| Matériau | Volume Cumulé |
|------------|---------------|
| TVO Accote | 21667.78 |

Chaussée

| Matériau | Volume Cumulé |
|------------------|---------------|
| BETON BITUMINEUX | 10680.95 |
| GB | 21853.94 |
| GNT | 67468.43 |

F.D.F

| Matériau | Volume Cumulé |
|----------|---------------|
| TVO | 174881.33 |

T.P.C

| Matériau | Volume Cumulé |
|----------------|---------------|
| S.TPC (2) | 1182.71 |
| TERRE VEGETALE | 3787.33 |

CARREFOUR GIRATOIRE

Nom du fichier traité : C:\Users\mohamed\Documents\Memoire fin détude\MCorrigé R\Med Dejloul PFE Final_R1.dwg

Listing effectué le : 11/05/2020 à 00:15:50

Carrefour giratoire : Giratoire RN 03 SUD

Attention : Les valeurs indiquées en italique ne respectent pas les normes du SETRA.

| Géométrie de l'anneau | |
|-----------------------------|------------------|
| Coordonnées du centre | X= 750811.203 m |
| | Y= 3845182.995 m |
| Rayon extérieur | 25.000 m |
| Rayon intérieur | 17.000 m |
| Largeur d'anneau | 8.000 m |
| Surlargeur franchissable | 0.000 m |
| Distance marquage extérieur | 0.500 m |
| Distance marquage intérieur | 0.500 m |

| Géométrie de la branche 'Ver Sidi Okba' (1) | | | | |
|---|------------------|----------------------|---------------|--------------|
| Point de référence | X= 750811.203 m | Angle | 67.264 gr | |
| | Y= 3845182.995 m | | | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | 0.500 m | |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | 1.000 m | |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | 0.500 m | |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | Sortie | |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | 20.000 m | |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | 8.000 m | |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | 7.750 m | |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | 100.000 m | |
| Terre-plein | | 0.000 m | 0.000 m | |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | 7.750 m | |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | 7.750 m | |
| Branche(s) en conflit | | | | |
| Pas de conflit | | | | |
| Tableau des déflexions | Rayon | Centre : X | Centre : Y | Observations |
| ver Biskra Centre | 29.428 m | 750828.080 m | 3845232.896 m | |
| Ver Oumeche - Ouergla | 24.320 m | 750816.952 m | 3845180.429 m | |
| Ver Sidi Okba | 21.021 m | 750813.837 m | 3845184.514 m | |

| Géométrie de la branche 'ver Biskra Centre' (2) | | | | |
|---|----------|----------------------|--------------|---------------|
| Point de référence | X= | 750811.203 m | Angle | |
| | Y= | 3845182.995 m | 375.207 gr | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | | 0.500 m |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | | 1.000 m |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | | 0.500 m |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | | Sortie |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | | 20.000 m |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | | 8.000 m |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | | 100.000 m |
| Terre-plein | | 0.000 m | | 0.000 m |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Branche(s) en conflit | | | | |
| Pas de conflit | | | | |
| Tableau des déflexions | | Rayon | Centre : X | Centre : Y |
| Ver Oumeche - Ouergla | | 51.919 m | 750843.500 m | 3845193.296 m |
| Ver Sidi Okba | | 22.922 m | 750812.759 m | 3845187.648 m |
| ver Biskra Centre | | 21.024 m | 750810.026 m | 3845185.793 m |

| Géométrie de la branche 'Ver Oumeche - Ouergla' (3) | | | | |
|---|----------|----------------------|--------------|---------------|
| Point de référence | X= | 750811.203 m | Angle | |
| | Y= | 3845182.995 m | 187.681 gr | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | | 0.500 m |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | | 1.000 m |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | | 0.500 m |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | | Sortie |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | | 20.000 m |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | | 8.000 m |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | | 100.000 m |
| Terre-plein | | 0.000 m | | 0.000 m |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m |
| Branche(s) en conflit | | | | |
| Pas de conflit | | | | |
| Tableau des déflexions | | Rayon | Centre : X | Centre : Y |
| Ver Sidi Okba | | 80.546 m | 750904.657 m | 3845142.055 m |
| ver Biskra Centre | | 34.918 m | 750795.076 m | 3845177.891 m |
| Ver Oumeche - Ouergla | | 21.027 m | 750811.813 m | 3845180.025 m |

COVADIS - GIRATOIRE 'Giratoire RN 03 SUD'

Dossier traité : C:\Users\mohamed\Documents\Memoire fin détude\MCorrigé R\Med Dejjoul PFE Final_R1.dwg
 Date du calcul : 11/05/2020 à 00:11:15

| Décomposition Giratoire | Ilot Central | | | | Chaussée Surface | Bordures en rives Linéaire | Accotement Surface | Ilot séparateur Surface | Ilot en dur | | | | |
|--------------------------------|------------------------|---------------|--------------------|-------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------|---------|-----------|
| | Zone non franchissable | | Zone franchissable | | | | | | Surface | Linéaire | Surface | Surface | Périmètre |
| | Surface | Périmètre | Surface | Périmètre | | | | | | | | | |
| Giratoire RN 03 SUD | 907,92 | 106,81 | 0,00 | 0,00 | 1 055,58 | 63,16 | 129,88 | | | | | | |
| Ver Sidi Okba | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| ver Biskra Centre | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| Ver Oumeche - Ouergla | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| TOTAUX | 907,92 | 106,81 | 0,00 | 0,00 | 3 426,77 | 384,68 | 763,07 | 258,98 | 150,03 | 119,26 | | | |

CARREFOUR GIRATOIRE

Nom du fichier traité : C:\Users\mohamed\Desktop\Med Dejloul PFE Dessin1.dwg
 Listing effectué le : 24/03/2020 à 16:59:35
 Carrefour giratoire : Giratoire en X RN 83
 Attention : Les valeurs indiquées en italique ne respectent pas les normes du SETRA.

| Géométrie de l'anneau | |
|-----------------------------|------------------|
| Coordonnées du centre | X= 759779.451 m |
| | Y= 3852689.278 m |
| Rayon extérieur | 25.000 m |
| Rayon intérieur | 17.000 m |
| Largeur d'anneau | 8.000 m |
| Surlargeur franchissable | 0.000 m |
| Distance marquage extérieur | 0.500 m |
| Distance marquage intérieur | 0.500 m |

| Géométrie de la branche 'ver Loyaya' (1) | | | | |
|--|------------------|----------------------|----------------|--------------|
| Point de référence | X= 759779.451 m | Angle | 100.000 gr | |
| | Y= 3852689.278 m | | | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | 0.500 m | |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | 1.000 m | |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | 0.500 m | |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | Sortie | |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | 20.000 m | |
| Largeur voie sur anneau | | <i>8.000 m</i> | <i>8.000 m</i> | |
| Largeur voie courante | | <i>7.750 m</i> | <i>7.750 m</i> | |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | 100.000 m | |
| Terre-plein | | <i>0.000 m</i> | <i>0.000 m</i> | |
| Distance départ passage piéton | | <i>7.750 m</i> | <i>7.750 m</i> | |
| Largeur passage piéton | | <i>7.750 m</i> | <i>7.750 m</i> | |
| Branche(s) en conflit | | | | |
| Pas de conflit | | | | |
| Tableau des déflexions | Rayon | Centre : X | Centre : Y | Observations |
| ver Biskra centr | 38.872 m | 759822.608 m | 3852733.596 m | |
| ver RN 03 sud | 40.948 m | 759779.819 m | 3852666.336 m | |
| ver sidi OKBA | 23.246 m | 759783.184 m | 3852685.627 m | |
| ver Loyaya | 21.018 m | 759782.494 m | 3852689.305 m | |

| Géométrie de la branche 'ver Biskra centr' (2) | | | | | |
|--|----------|----------------------|--------------|---------------|--------------|
| Point de référence | X= | 759779.451 m | Angle | | |
| | Y= | 3852689.278 m | 0.000 gr | | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | | 0.500 m | |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | | 1.000 m | |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | | 0.500 m | |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | | Sortie | |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | | 20.000 m | |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | | 8.000 m | |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | | 100.000 m | |
| Terre-plein | | 0.000 m | | 0.000 m | |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Branche(s) en conflit | | | | | |
| Pas de conflit | | | | | |
| Tableau des déflexions | | Rayon | Centre : X | Centre : Y | Observations |
| ver RN 03 sud | | 38.872 m | 759735.133 m | 3852732.435 m | |
| ver sidi OKBA | | 40.858 m | 759802.288 m | 3852689.643 m | |
| ver Loyaya | | 23.247 m | 759783.108 m | 3852693.017 m | |
| ver Biskra centr | | 21.025 m | 759779.424 m | 3852692.312 m | |

| Géométrie de la branche 'ver RN 03 sud' (3) | | | | | |
|---|----------|----------------------|--------------|---------------|--------------|
| Point de référence | X= | 759779.451 m | Angle | | |
| | Y= | 3852689.278 m | 300.000 gr | | |
| Triangle de construction | | Ilot central | | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | | 0.500 m | |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | | 1.000 m | |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | | 0.500 m | |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | | Sortie | |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | | 20.000 m | |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | | 8.000 m | |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | | 100.000 m | |
| Terre-plein | | 0.000 m | | 0.000 m | |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Branche(s) en conflit | | | | | |
| Pas de conflit | | | | | |
| Tableau des déflexions | | Rayon | Centre : X | Centre : Y | Observations |
| ver sidi OKBA | | 38.872 m | 759736.294 m | 3852644.959 m | |
| ver Loyaya | | 40.948 m | 759779.083 m | 3852712.220 m | |
| ver Biskra centr | | 23.246 m | 759775.718 m | 3852692.929 m | |
| ver RN 03 sud | | 21.018 m | 759776.408 m | 3852689.251 m | |

| Géométrie de la branche 'ver sidi OKBA' (4) | | | | | |
|---|----------|----------------------|--------------|---------------|--------------|
| Point de référence | X= | 759779.451 m | Angle | 200.000 gr | |
| | Y= | 3852689.278 m | | | |
| Triangle de construction | | | Ilot central | | |
| Hauteur | 25.000 m | Rayon de raccord | 0.500 m | | |
| Base | 6.250 m | Distance de l'anneau | 1.000 m | | |
| Déport | 0.500 m | Distance de marquage | 0.500 m | | |
| Caractéristiques des voies | | Entrée | | Sortie | |
| Rayon de raccord sur anneau | | 15.000 m | | 20.000 m | |
| Largeur voie sur anneau | | 8.000 m | | 8.000 m | |
| Largeur voie courante | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Rayon de raccord sur voie courante | | 100.000 m | | 100.000 m | |
| Terre-plein | | 0.000 m | | 0.000 m | |
| Distance départ passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Largeur passage piéton | | 7.750 m | | 7.750 m | |
| Branche(s) en conflit | | | | | |
| Pas de conflit | | | | | |
| Tableau des déflexions | | Rayon | Centre : X | Centre : Y | Observations |
| ver Loyaya | | 38.872 m | 759823.769 m | 3852646.121 m | |
| ver Biskra centr | | 40.858 m | 759756.615 m | 3852688.912 m | |
| ver RN 03 sud | | 23.247 m | 759775.794 m | 3852685.539 m | |
| ver sidi OKBA | | 21.025 m | 759779.478 m | 3852686.244 m | |

COVADIS - GIRATOIRE 'Giratoire en X RN 83'

Dossier traité : C:\Users\mohamed\Desktop\Med Dejloul PFE Dessin1.dwg
 Date du calcul : 24/03/2020 à 16:59:53

| Décomposition Giratoire | Ilot Central | | | | Chaussée Surface | Bordures en rives Linéaire | Accotement Surface | Ilot séparateur Surface | Ilot en dur | | | | |
|---------------------------------|------------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------|----------|---------|---------|-----------|
| | Zone non franchissable | | Zone franchissable | | | | | | Surface | Linéaire | Surface | Surface | Périmètre |
| | Surface | Périmètre | Surface | Périmètre | | | | | | | | | |
| Giratoire en X RN 83 | 907,92 | 106,81 | 0,00 | 0,00 | 1 055,58 | 30,81 | 62,17 | | | | | | |
| ver Loyaya | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| ver Biskra centr | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| ver RN 03 sud | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| ver sidi OKBA | | | | | 790,40 | 107,17 | 211,06 | 86,33 | 50,01 | 39,75 | | | |
| TOTAUX | 907,92 | 106,81 | 0,00 | 0,00 | 4 217,16 | 459,50 | 906,42 | 345,30 | 200,03 | 159,01 | | | |