

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Génie Civil et Hydraulique
Ref : /2024



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية والري
المرجع /2024

Mémoire de Master

Filière : TRAVAUX PUBLICS

Spécialité : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

**PROJET DE FIN D'ETUDES
ETUDE DU CONTOURNEMENT DE LA RN48
TRONCON DE 8.500 km DJEBBADI (W. EL-OUED)
VERS BISKRA**

Nom et Prénom de l'étudiant :

Encadreur : **Dr. REMADNA Mohamed Saddek**

- **REDOUANI EL-BOUKHARI**

- **ZID LAMRI**

Année universitaire : 2023 – 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



شكر و عرفان

بسم الله الرحمن الرحيم، والحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خاتم النبيين والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد ... فإن من نعم الله تعالى عليّ أن منّ عليّ بإتقان هذا العمل بفضلِهِ وكرمه، فجزاهُ خيرًا على ما أولاني من نِعْمِهِ.

كذلك أودُّ أن أظهرَ امتناني لكلِّ من ساندني وأعانني في إتمام هذا المشروع، وأولُّهُم أستاذُ رسالتي فضيلة الأستاذ الدكتور **رماضنه محمد الصادق** / الذي كان لطفًا بقبول إشرافه على رسالتي، وكان دائبًا في توجيهاتٍ قويةٍ لإثراء هذا البحث، فقد استفدتُ من خبرته المتوخية في هذا المجال، وأستفاد من حكمته في التعامل مع طلاب العلم.

- كذلك أشكر جامعة محمد خيضر ببسكرة التي منحتني فرصة الدراسة في كلية العلوم والتكنولوجيا والتي زودتني بالموارد والمرافق اللازمة لإنجاز هذا البحث..
- وأشكر كل من ساهم في تطوير هذه الجامعة وتحسين جودتها، وفي مقدمتهم المغفور له واسكنه الله فسيح جنانه معالي مدير الجامعة سابقا الاستاذ الدكتور / **بوطرفاية احمد** الذي اولى اهتمامًا بالبحث العلمي والابداع المعرفي..
- وسعادة رئيس قسم الهندسة المدنية والري د/ **عصام عبد السلام** الذي يساند طلاب الدراسات العليا ويرفع من مستوى تأهيلهم، فجزاهما الله خيرًا على جهودهما المباركة

- ولا ننسى أجمل عبارات الشكر والتقدير لكل اساتذتي المحترمين بقسم الهندسة المدنية والري بجامعة محمد خيضر ببسكرة معبرين عن صدق المعاني النابعة من قلوبنا وخاصة كل الذين درسنا عندهم منذ التحاقنا بالدراسة سنة 2022.

واشكر كذلك مديرية الاشغال العمومية على مد يد العون في دعمنا بكل الوثائق اللازمة حول هذا البحث المتواضع وبالخصوص الاخوة الاعزاء كينة شعيب رئيس مكتب إنجازات الطرق بمديرية الاشغال العمومية لولاية الوادي، والاخ **الساسى احمد** رئيس القسم الفرعي للأشغال العمومية بدائرة الرباح وأود ان اشكر مدير مجمع دراسات المنشآت المراقبة والمساعدة السيد: وحيد بن الشيخ على مد يد المساعدة لنا ولكل زملاءه المهندسين في هذا البحث وكذلك شكري واحترامي لزميلي **يوعبدالله السعدي** الذي قدم لنا يد المساعدة بكل الوسائل.
ولا أنسى شكر عائلتي الغالية التي دعت لي بالتوفيق والوقوف بجانبني لإكمال دراستي في احسن الظروف
• أسأل الله أن يجعل هذا البحث خيرًا لي ولأمّتي، وأن يوفقتي في مستقبلي الدراسي والعملية

الطالب: زيد العمري

شكر وعرفان

الحمد لله حمد كثيرا حتى يبلغ الحمد منتهاه والصلاة والسلام على أشرف

مخلوق أناره الله بنوره واصطفاه .

وانطلاق من باب من لم يشكر الناس لم يشكر الله أتقدم بخاص الشكر والتقدير للأستاذ

المشرف الدكتور رماضنة محمد الصادق على إرشاداته وتوجيهاته التي لم يخل بها عنا

يوما، كما أتقدم بجزيل الشكر والعطاء الى كل يد رافقتنا في هذا العمل سواء من

قريب أو من بعيد والشكر موصول كذلك الى أوليائنا الذين سهروا على تقديم

لنا كل الظروف الملائمة لانجاز هذا العمل .

كما لا أنسى أن أشكر جميع الأساتذة والمؤطرين الذين قدموا لنا المساعدة

والى كل الزملاء والأساتذة الذين تعلمنا على أيديهم وأخذنا منهم الكثير .

الطالب: رضواني البخاري

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL	1
I - PRESENTATION DU PROJET	1
I.1 : PRESENTATION DE LA WILAYA	2
I.2 : PRESENTATION DE PROJET	2
I.3 : LOCALISATION DE PROJET	2
I.4 : APERÇU SUR LA WILAYA DE EL-OUED	4
I.4 : CLIMAT DE LA WILLAYA	4
I.5 : POPULATION	4
I.6 : RESEAU ROUTIERE	4
I.7 : PROJETS INSCRITS	4
I.8 : OBJECTIF DE L'ETUDE	4
I.9 : PHOTO DES CHANTIER	5
II - PARAMETRES FONDAMENTEUX DES PROJETS ROUTIERES	11
II.1 : PARAMETRES DE BASE	11
II.1 : - CARACTERISTIQUES DU PROJET	11
II.2 : CLASSIFICATION PAR CATEGORIE	11
II.2.1 : Classification d'utilité pratique et de situation	12
II.2.2 : Classification d'ordre fonctionnel et type d'usage	12
II.2.3 : Classification d'ordre constructif	12
II.2.4 : Classification faisant état de la nature du trafic	12
II.2.5 : Classification d'ordre administratif et juridique	12
II.3 : ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE (E)	13
II.3.1 : APPLICATION AU PROJET	15
II.4 : CINEMATIQUE DE VEHICULE	15
II.4.1 : VITESSE DE BASE (VB) OU VITESSE DE REFERENCE (VR)	15
II.4.2 : HAUTEUR DE L'OEIL ET DES OBSTACLES	16
II.4.2.1 : APLLICACION AU PROJET	17
II.4.3 : TEMPS DE PERCEPTION-REACTION	17
II.4.4 : LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL <i>fl</i>	17
II.4.5 : LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL <i>ft</i>	18
II.4.6 : DISTANCE DE FREINAGE <i>d0</i>	18
II.4.7 : DISTANCE DE FREINAGE <i>d1</i>	19
II.4.8 : DISTANCE DE FREINAGE <i>d2</i>	19
III - ETUDE DE TRAFIC	22

III .1 : INTRODUCTION.....	23
III .1 : ANALYSE DE TRAFIC	23
III .3 : DIFFERANTS TYPES DES TRAFICS	24
III .3. 1 – TRAFIC NORMAL	24
III .3. 2 - TRAFIC DEVIEE	24
III .3. 3 - TRAFIC INDUIT	24
III. 3. 4 - TRAFIC TOTAL	24
III .4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC	24
III .4.1- PROLONGATION DE L'EVOLUTION PASSEE	25
III .4.2 .1- DEFINION DE LA CAPACTE	25
III .4.2 .2- LA PROCEDURE DE DETRMINATION DE NOMBRE DE VOIES	25
III .4.2.2.1- le trafic moyen journalier annuel TJMA (v / j)	26
III .4 .2.2.2 -Le trafic à un horizon donné	26
III .4 .2.2.3- Le trafic effectif (Teff)	26
III .4.2.2.4- Débit de pointe horaire normal	27
III .4.2.2.5 - Débit horaire admissible	27
III .4.2.2.6 -Détermination de nombre de voie	28
III .5 - APPLICATION AU PROJET	28
III .5.1- Les données de trafics	28
III .5.2 - Hypothèses de calcul	28
III .5.3 - Détermination de nombre des voies	28
III. 6- CONCLUSION	30

IV- DIMENSIONNEMENT DUCORPS DE CHAUSSEE31

IV.1 : INTRODUCTION	32
IV.2 : DEFINITION DE LA CHAUSSEE	32
IV.3 : ROLES DES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE	32
IV 3.1 - La couche de surface	32
IV.3.2 - Les couches d'assise (corps de chaussée)	33
IV.3. 3 - La couche de forme	33
IV.4. CLASSIFICATION DES CHAUSSEES	34
IV.4.1 - CHAUSSEE SOUPLE	34
IV.4.1.1- Couche de surface	34
IV.4.1.2- Couche de base	35
IV.4.1.3- Couche de fondation	35
IV.4.1.4- Couche de forme	35
IV.4.2 - CHAUSSEE SEMI RIGIDE	35
IV.4.3- CHAUSSEE RIGIDE	36
IV.5. LES DIFFERANTS TYPE DES CHAUSSEES EN ALGERIE	37
IV.6. LES PARAMETRE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES	38
IV.7. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENTIONNEMEN	38
IV.7.1 - METHODE EMPIRIQUE (CLASSIQUES)	38
IV.7.2 - METHODE THEORIQUE «RATIONNELLES»	38
IV.7.3 - METHODE SEMI EMPIRIQUE	38
IV.7.3.1- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)	38

IV.7.3.2 - Détermination des épaisseurs des couches	39
IV.7.3.3 - Coefficient d'équivalence	40
IV.7.4 – METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT NEUVES DES CHAUSSEES (CTTP)	40
IV.7.4.1- La démarche du catalogue	41
IV.7.4.2 -Détermination du type de réseaux principaux RPi	42
IV.7.4.3- Détermination de la classe de trafic (TPLi)	42
IV.7.4.4 - Calcul du trafic cumulé équivalent	43
IV.7.4.4.1- Calcul du trafic cumulé de poids lourds TCi	43
IV.7.4.5 - Détermination de la portance de sol support de chaussée	44
IV.7.4.5.1- Présentation des classes de portance des sols	44
IV.7.4.5.2- Plages probables de portance des sols	44
IV.7.4.5.3- Portance des sols terrassés	44
IV.7.4.5.3.1 - Cas des sols sensibles à l'eau	44
IV.7.4.5.3.2 - Cas des sols insensibles à l'eau	45
IV.7.4.5.3.3 - Sur classement des sols supports de chaussées	45
IV.7.5 – DETERMINATION DE LA ZONE CLIMATIQUE	46
IV.8 - APPLICATION AU PROJET	47
IV.9.- CONCLUSION	51
IV.10-VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT	51
IV.11- VERIFICATION DE LA STRUCTURE AVEC ALIZE lpcp	55
IV.12 – CONCLUSION	57

V. ETUDE GEOMETRIQUE	58
V. 1 : INTRODUCTION	60
V. 2. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES	60
V. 2.1- Implantation des stations	60
V. 2.2- Le cheminement des stations	60
V. 2.3- Le levé topographique	60
V. 3. CARACTERISTIQUES ROUTIERES	61
V. 3.1- TRACÉ EN PLAN	61
V. 3.1.1 REGLE A RESPECTE DANS LE TRACÉ EN PLAN	61
V. 3.1.2- LE CHOIX DU NOUVEAU TRACE SE BASE SUR LES PARAMETRES SUIVANTS	61
V. 4. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN	62
V. 4.1- Alignement droite	62
V. 4.1.2- Règles concernant la longueur des alignements	62
V. 4.1.3 Arc de cercle	62
V. 4.1.4- Stabilité en courbe	63
V. 4.1.4.1- Rayon horizontal minimal absolu	63
V. 4.1.4.2- Rayon au dévers minimal	63
V. 4.1.4.3- Rayon minimal non déversé	64
V. 4.1.4.4 - Rayon minimal normal (RHn)	64
V. 5 - APPLICATION AU PROJET	65

V. 6 - VISIBILITE EN COURBE	65
V. 7 – DISTANCE DE VISIBILITE	66
V. 8 – SUR LARGEUR	66
V. 9 - LES COURBES DE RACCORDEMENT	66
V. 9.1- Type de courbe de raccordement	67
V. 9.1.1-Parabole cubique	67
V. 9.1.2- Lemniscate	67
V. 9.1.3- Clothoïde	67
V. 9.2- Choix de la courbe de raccordement	67
V. 10- ELEMENTS DE LA CLOTHOIDE	68
V. 10.1 - Condition de confort optique	69
V. 10.2 - Condition de confort dynamique	69
V. 10.3- Condition de gauchissement	69
V. 10.4 - Calcul de la clothoïde	69
V. 10.5 - Règle générale (B40)	70
V. 11 - COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN	70
V. 11.1 - Courbe en S	70
V. 11.3 - Courbe en ovale	71
V. 11.4 - Courbe a sommet	71
V. 11.5 - Notion de ripage	71
V. 11.6- DEFINITION DE DEVERS	72
V. 11.6.1 - Calcul des dévers	72
V. 11.6.2 - Type des dévers	72
V. 11.6.2.1 - Devers en alignement	72
V. 11.6.2.2 - Devers en courbe	72
V. 11.7 - Rayon de courbure	72
V. 11.8 - Raccordement de dévers	73
V. 12 – APPLICATION AU PROJET	73
V. 13 - PROFIL EN LONG	74
V. 13.1 - Définition	74
V. 14 – CONDITION A RESPECTER DANS LE TRACE D LIGNE ROUGE.....	74
V. 14.1 - Eléments constitutifs de la ligne rouge	74
V. 14.1.1 -Déclivité	74
V. 14.1.1.1 -Déclivité minimale	74
V. 14.1.1.2 -Déclivité maximale.....	74
V. 15 – COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG	75
V. 15.1 -Raccordement en profil en long	75
V. 15.1.1 -Raccordements convexes (angle saillant)	75
V. 15.1.1.1 - Condition de confort	76
V. 15.1.1.2 - Condition de visibilité	76
V. 15.1.1.3 - Condition de confort du profil en long	76
V. 15.1.2 - Raccordement concave du profil en long (angle rentrant).....	77
V. 15.1.2.1 - À condition esthétique	77
V. 16 - APPLICATION AU PROJET	78
V. 16.1 - Angle saillant	78
V. 16.2 - Rayon angle rentrant	78
V. 17 - PROFIL EN TRAVERS	79

V. 17.1 - DEFINITION	79
V. 17.2 - DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS	79
V. 17.2.1 - Profil en travers type	79
V. 17.2.2 - profil en travers courants	79
V. 18 - LES ELEMENTS DE COMPOSITION DES PROFILS EN TRAVERS	80
V. 19 - APPLICATION SUR NOTRE PROJET	83
V. 20 – CONCLUSION	85
V. 21 - CUBATURE	85
V. 21.1 - INTRODUCTION	85
V. 21.2 - DEFINITION	86
V. 21.3 - CUBATURES DES TERRASSEMENTS	86
V. 21.4 - METHODE DE CALCUL DES CUBATURES	86
V. 22 – CONCLUSION	88
V. 23 - MOUVEMENT DES TERRES	88
V. 24 -TRANSPORT DES TERRES	89
V. 24.1 -Transports transversaux	89
V. 24.2 - Transport longitudinal	89
V. 25 - EPURE DE LA L'ANNE	89
V. 26 - ETABLISSEMENT DE L'EPURE DE LA L'ANNE	89
V. 27 - RESULTA DES CALCULS	89

VI – GEOTECHNIQUE	92
VI. 1 - INTRODUCTION	94
VI.2 – OBJECTIFS	94
VI.3 - RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE	94
VI.4 - LES MOYENS DE RECONNAISSANCE	95
VI.5 - LES DIFFÉRENTS ESSAIS GEOTECHNIQUE ROUTIER.....	95
VI.6 – LES ESSAIS FAITS EN LABORATOIRE	95
VI.7- LES ESSAIS D’IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS	96
VI.7.1 - Teneur en eau (séchage a l’étuve)	96
VI.7.2 - Limites d’Atterberg	97
VI.7.3 - Equivalent de Sable (ES)	98
VI.7.4 - Valeur de Bleu du Sol (VBS)	102
VI.7.5 - Analyse granulométrique	104
VI.8 - LES ESSAIS GEOMECHANIQUES	107
VI.8.1 - Définition de la géomécanique	107
VI.8.2 - Essai de compression a l’œdomètre.	107
VI.8.3 - Essai de cisaillement (sol pulvérulent)	110
VI.8.4 - Essais triaxiaux	111
VI.9 - LES ESSAIS DE COMPORTEMENT MECANIQUE	113
VI.9.1 - Essai Los Angeles	113
VI.9.2 - Essais Micro Delval par voie sèche (MDS)	115
VI.9.3 - Essai Marshall	117
VI.10 - LES ESSAIS DE PARAMETRAGE HYDRIQUE	118
VI.10.1 - Essai CBR (California Bearing Ratio)	118

VI.10.2 - Essais Proctor	120
VI.11 - MATÉRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSÉE	123
VI.11.1 - BETON BITUMINEUX (BB)	123
VI.11.2 - GRAVE BITUME (GB).....	124
VI.11.3 - GRAVE NON TRAITEE (GNT)	124
VI.12 - APPLICATION AU PROJET	125
VI.12.1 - Etude de laboratoire	125
VI.12.2 - Les matériaux granulaire	125
VI.12.3 - Le bitume	125
VI.12.4 - La composition obtenue est la suivante	125
VI.12.5 - Détermination des teneurs en bitume	126
VI.13 - ESSAIS EN LABORATOIRE	126
VI.13 .1 - Essais physiques	126
VI.13.2 - Essais mécaniques	126
VI.13.3 - Résultat des essais au laboratoire	126
VI.13.4 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des agrégats	126
VI.13.5 - Essai LOS-ANGELES	127
VI.13.6 - Essai MICRO-DEVAL	127
VI.14 – CONCLUSION	127

VII - SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS	132
VII.1. INTRODUCTION	133
VII.2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE	133
VII.3. CATÉGORIES DE SIGNALISATION	133
VII.4. RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION	133
VII.5. TYPES DE SIGNALISATION 133	
VII.5.1 - SIGNALISATION VERTICALE	134
VII.5.1.1 - Signaux de danger	134
VII.5.1.2 - Signaux comportant une prescription absolue	134
VII.5.1.3 - Signaux à simple indication.....	134
VII.5.1.4 - Signaux de position des dangers	134
VII.5.2 - SIGNALISATION HORIZONTALE	134
VII.5.2.1 - Marquage longitudinal	134
VII.5.2.2 - Modulation des lignes discontinue.....	135
VII.5.2.3 - Marquage des chaussées	136
VII.5.2.4 - Marquage transversal	136
VII.5.2.5 - Autre marquage	136
VII.6 – CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES	137
VII.7 - CATÉGORIES DE PANNEAUX.....	137
VII.8- APPLICATION AU PROJET	138
VII.8.1 - Caractéristiques de la route	138
VII.8.2 - Description de trace	138
VII.9 – PANNEAUX DE SIGNALISATON ROUTIERE VERTICAL	138
VII.9.1 - Signaux de danger type A	138
VII.9.2 - Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction	139

VII.9.3 - Panneaux de signalisation d'obligation (type D3)	139
VII.9.4 - Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2)	139
VII.9.5 -Panneaux de signalisation de direction	139
VII.9.6 - Borne kilométrique	139
VII.9.7 – Démontions.....	140
VII.10 - SIGNALISATION HORIZONTALE.....	141
VII.10.1 - Signalisation adoptée pour notre projet	141
VII.10.2 - Fleche de rabattement	141
VII.11 - GLISSIERES DE SECURITE.....	142
VII.11.1 – Définition	142
VII.11.2 - Les glissières en métal	142
VII.11.3 - Les glissières en béton	143

AMENAGEMENT DES CARREFOURS	145
VIII.1. EFINITION.	146
VIII.2. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR.....	156
VIII.2.1 - La visibilité	147
VIII.2.2 -Priorité à droite.....	147
VIII.2.3-La vitesse.....	147
VIII.2.4 - La sécurité.....	147
VIII.2.5- La sélectivité	147
VIII.2.6 – Signalisation.....	148
VIII.3. TYPES DES CARREFOURS.....	148
VIII.3.1 - CARREFOURS DENIVELES (ECHANGEURS).....	148
VIII.3.1.1Avantages de l'échangeur.....	148
VIII.3.1.2Inconvénients de l'échangeur	149
VIII.4. LES DIFERENTS TYPES D'ECHANGEURS	149
VIII.4.1 - Echangeur majeur	149
VIII.4.2 - Echangeur mineur	149
VIII.4.3 - Echangeurs majeurs	149
VIII.4.4 - Echangeur mineur	149
VIII.5. CARREFOURS PLANS	150
VIII.5.1 - Carrefours plans ordinaires	150
VIII.5.2 - Carrefours en Y	150
VIII.5.3 - Carrefours en T	150
VIII.5.4 - Carrefours en X	150
VIII.5.5 - Carrefours a sens giratoire A	150
VIII.6. CARRACTERISTIQUES GEOMETRIQUES AU CARREFOUR	151
VIII.6.1 - Triangle de visibilité	151
VIII.6.2 - Distance entre axes des deux branches d'un carrefour	154
VIII.6.2.1 - Vitesse approche a vide	154
VIII.6.2.2 - Distance entre carrefour	154
VIII.6.2.3 - Les ilots	155
VIII.7. CARREFOURS GIRATOIRE	156

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PROJET

FIGURE1-1 : carte de l'Algérie et localisation de la willaya d'el-oued.....	3
FIGURE1-2 : ETUDE DU CONTOURNEMENT DE LA RN48 (AIEROPORT/RN16) SUR 25.87 KMDU DJEBBADI VERS BISKRA.....	5
FIGURE1- 3 : PHOTO DU CHANTIER	6
FIGURE1- 4 : : PHOTO DU CHANTIER	7
FIGURE1- 5 : : PHOTO DU CHANTIER	8
FIGURE1- 6 : : PHOTO DU CHANTIER	9
FIGURE1- 7 : ...NOMENCLATURE.....	9

CHAPITRE 2 : PARAMETRES FONDAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERES

FIGURE2- 1 : Variation longitudinale de relief	13
FIGURE2- 2 : tracé en plan	14
FIGURE2- 3 : hauteur de l'œil et des obstacles	16
FIGURE2- 4 : temp de perception-réaction	17
FIGURE2-5 : distance de freinage d0	18
FIGURE2-6 : route en déclivité	19

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DUCORPS DE CHAUSSÉE

FIGURE4-1 : les différentes couches de la chaussée	33
FIGURE4-2 : Structure corps de chaussée	34
FIGURE4-3 : Structure type d'une chaussée souple	35
FIGURE4-4 : Structure type d'une chaussée rigide.	36
FIGURE4-5 : Les différentes structures des chaussées	37
FIGURE4-6 : Classes TPLi	42
FIGURE4-7 : Carte climatique de l'Algérie	46

CHAPITRE 5 : ETUDE GEOMETRIQUE

FIGURE5-1 : Les éléments du raccordement.....	62
FIGURE5-2 : distance de visibilité en courbe	66
FIGURE5-3 : Les 3 types de courbe de raccordement.....	67
FIGURE5-4 : Les élément de la clothoïde	68
FIGURE5-5 : Courbe en S.....	70
FIGURE5-6 : : Courbe en C.....	70
FIGURE5-7 : Courbe à sommet.....	71
FIGURE5-8 : le ripage.....	71
FIGURE5-9 : force agissante sur un véhicule dans un virage	72
FIGURE5-10 : visibilité en raccordement concaves	77
FIGURE5-11 : Éléments constitutifs du profil en travers type	80
FIGURE5-12 : Éléments constitutifs du profil en travers type	80

FIGURE5-13 : Les éléments composée du profil en travers.	83
FIGURE5-14 : schéma de calcul des remblais et déblais.	87
FIGURE5-15 : section des remblais et déblais	87
FIGURE5-16 : Profil en travers (cas d'un déblai)	90
FIGURE5-17 : Profil en travers (cas d'un remblai)	91

CHAPITRE 6 : GEOTECHNIQUE

FIGURE6-1 : Limites d'Atterberg	97
FIGURE6-2 : Outillage de l'équivalent de sable	100
FIGURE6-3 : Exemple de l'essai de ES	101
FIGURE6-4 : bleu de méthylène	103
FIGURE6-5 : bleu de méthylène	104
FIGURE6-6 : les phases de l'essai analyse granulométrique	105
FIGURE6-7 : abaque analyse granulométrique	106
FIGURE6-8 : Abaque de l'essai analyse granulométrique	107
FIGURE6-9 : l'essai CBR.....	108
FIGURE6-10 : Analyse de compression a l'œdomètre	109
FIGURE6-11 : Courbe de consolidation d'un sol fin	110
FIGURE6-12 : COMPORTEMENT DES SOIS FINS	111
FIGURE6-13 : Abaque plan de Mohr l'état des contraintes a la rupture	112
FIGURE6-14 : L'essai de LOS ANGELOS CI-DESSOUS	113
FIGURE6-15 : L'essai de LOS ANGELOS CI-DESSOUS	114
FIGURE6-16 : les phases de l'essai MICRO-DEVAL	116
FIGURE6-17 : les phases de l'essai MARSHALL	117
FIGURE6-18 : ES Schéma l'essai CBR	119
FIGURE6-19 : les phases de l'essai Proctor (normal : modifier)	121
FIGURE6-20 : l'essai Proctor	122
FIGURE6-21 : Carte topographique de vallée du Souf (SIG 2009)	128
FIGURE6-22 : Situation géographique de la zone d'étude (extrait de la carte Michelin 953)	129
FIGURE6-23 : PLAN DE SYNOPTIQUE DE CONTOURNEMENT DE LA RN.48	130
FIGURE6-24 : PLAN DE SYNOPTIQUE DE NOTRE PROJET	130
FIGURE6-25 : Répartition administrative des chefs-lieux des Communes de la vallée d'Oued Soufi.....	131

CHAPITRE 7 : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS

FIGURE7-1 : Types de modulation	136
FIGURE7-2 : Flèche de signalisation	137
FIGURE7-3 : Flèches rabattement et sélection.....	137
FIGURE7-4 : tableau de signification de chaque forme de signalisation vertical	140
FIGURE7-5 : Démontions.....	140
FIGURE7-6 : Signalisation adoptée pour notre projet	141
FIGURE7-7 : flèche exécutée pour notre projet.....	141
FIGURE7-8 : Glissière de sécurité métallique.....	142
FIGURE7-9 : Glissière de sécurité en béton	143

CHAPITRE 8 : AMENAGEMENT DES CARREFOURS

FIGURE8-1 : schémas CARREFOURS.....149
FIGURE8-2 : Type CARREFOURS.....150
FIGURE8-3 : Abaque donnant la distance de visibilité.....152
FIGURE8-4 : Vitesse V85 en fonction du rayon.....153
FIGURE8-5 : Vitesse V85 en fonction de la rampe >250 m).....153
FIGURE8-6 : triangles de visibilité pour les usagers de la route secondaire, en fonction du régime de priorité.....153
FIGURE8-7 : Distance entre distance le carrefour.....154
FIGURE8-8 : type de l'îlot séparateur.....155
FIGURE8-9 : principaux élément et paramètre d'un carrefour giratoire.....155
FIGURE8-10 : carrefour en croix (les éléments de notre carrefour).....157
FIGURE8-11 : carrefour type croix + signalisation verticale et horizontal.....158
FIGURE8-12 : carrefour giratoire + signalisation verticale et horizontal.....159
FIGURE8-13 : carrefour giratoire (les éléments de notre carrefour).....160
FIGURE8-14 : les éléments du carrefour giratoire.....161
FIGURE8-15 : Schéma giratoire (Les éléments de notre carrefour).....161
FIGURE8-16 : Phénomène de l'ensablement.....165

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PROJET

TABLEAU 1-1 : renseignement récapitulatif sur la willaya d'oued soufi	2
TABLEAU 1-2 : Données climatiques de la willaya d'el 'oued.....	4

CHAPITRE 2 : PARAMETRES FONDAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERES

TABLEAU 2-1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne.....	14
TABLEAU 2-2 : Classification de la sinuosité moyenne	14
TABLEAU 2-3 : TYPE D'ENVIRONNEMENT.....	15
TABLEAU 2-4 : valeurs des vitesses de base.....	16
TABLEAU 2-5 : Paramètre fondamentaux des projets routières.....	17
TABLEAU 2-6 : temp de perception-réaction.....	17
TABLEAU 2-7 : selon B40 FL et FT.....	18
TABLEAU 2-8 : La distance d'arrêt en fonction de VR donnée par le tableau ci- dessous...	19
TABLEAU 2-9 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B40.....	20
TABLEAU 2-10 : Rayons en plan et devers associés selon B40	21

CHAPITRE 3 : ETUDE DE TRAFIC

TABLEAU 3-1 : Coefficient p d'équivalence Poids lourd/Véhicule léger.....	27
TABLEAU 3-2 : Coefficient d'équivalence	27
TABLEAU 3-3 : valeurs de K1 selon la classe de l'environnement.....	27
TABLEAU 3-4 : valeurs de K2 selon l'environnement et la catégorie de la rout.....	27
TABLEAU 3-5 : valeur de capacité théorique C_{th} selon B40.....	28
TABLEAU 3-6 : récapitulatif des résultats de notre projet	30

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

TABLEAU 4-1 : coefficients d'équivalence des matériaux.....	40
TABLEAU 4-2 : type de réseau principal.....	42
TABLEAU 4-3 : : valeur des coefficients d'agressivité A.....	43
TABLEAU 4-4 : : classe de portance des sols.....	44
TABLEAU 4-5 : les plages des portances du sol.....	44
TABLEAU 4-6 : Choix de la couche de forme.....	45
TABLEAU 4-7 : : classification climatique.....	47
TABLEAU 4-8 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR.....	48
TABLEAU 4-9 : : les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0	49
TABLEAU 4-10 : : Fiche de structure Suivant (fascicule3)	50
TABLEAU 4-11 : récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée.....	51
TABLEAU 4-12 : Températures équivalents Θ_{eq}	52
TABLEAU 4-13 : Risque adoptés pour réseau RP1.....	52
TABLEAU 4-14 : : Valeurs du fractile $t=f(r\%)$	52

TABLEAU 4-15 : Coefficient d'agressivité du trafic A(le coefficient d'agressivité calculé par CCTP).....	53
TABLEAU 4-16 : Performances mécaniques des matériaux traités au bitumineux.....	53
TABLEAU 4-17 : Tableau de Modélisation.....	55
TABLEAU 4-18 : la modélisation de la structure par ALIZE LPC.....	56
TABLEAU 4-19 : Calculés de déformation avec le logiciel ALIZE LCPC.....	57
TABLEAU 4-20 : : Structure de la chaussée qu'on applique dans le projet.....	57

CHAPITRE 5 : ETUDE GEOMETRIQUE

TABLEAU 5-1 : Coefficient de frottement transversl.....	63
TABLEAU 5-2 : : divers maximum (d max) correspond le rayon minimum absolu RHm.....	63
TABLEAU 5-3 : recapitule les rayons du tracée en plan	65
TABLEAU 5-4 : : rayons du tracé en plan.....	74
TABLEAU 5-5 : la pente maximale I _{max} selon b ₄₀	75
TABLEAU 5-6 : Rayon Angle saillant.....	78
TABLEAU 5-7 : Rayon Angle Rentrant.....	79
TABLEAU 5-8 :	79
TABLEAU 5-9 : Pour la pente transversale.....	81
TABLEAU 5-10 : Pour la pente transversale	82
TABLEAU 5-11 : : les valeurs des différentes courbes calculés selon le B ₄₀	84
TABLEAU 5-12 : : les valeurs des rayons conception générale du tracer.....	85
TABLEAU 5-13 : les valeurs des rayons conception générale de la trace.....	85
TABLEAU 5-14 : : longueur de clothoïde.....	85
TABLEAU 5-15 : déclivité maximale et Rayon minimal.....	85
TABLEAU 5-16 : : les valeurs des différentes Profil en Long et trace en plan.....	86

CHAPITRE 6 : GEOTECHNIQUE

TABLEAU 6-1 : La nature et la qualité du sable.....	99
TABLEAU 6-2 : nombre de boules, de la masse de la charge et Du nombre de rotation en fonction de la classe granulaire.....	114
TABLEAU 6-3 Détermination de type de granulat en fonction du coefficient de los angles.....	114
TABLEAU 6-4 : Les caractéristiques des deux essai (Proctor normal, Proctor modifie).120	120
TABLEAU 6-5 : la dame (PN, PM).....	122
TABLEAU 6-6 : TABELLE DE Essai LOS-ANGELES.....	126
TABLEAU 6-7 : Essai MICRO-DEVAL.....	127
TABLEAU 6-8 : POURCENTAGE PONDEREAU.....	127

CHAPITRE 7 : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS

TABLEAU 7-1 : Caractéristiques des lignes discontinues.....	135
TABLEAU 7-2 : ligne exécutée sur chaussée.....	141

CHAPITRE 8 : AMENAGEMENT DES CARREFOURS

TABLEAU 8-1 : Temps de franchissement selon la largeur de la route franchie et le régime de priorité	165
---	-----

TABLEAU 8-2 : Les formules de calcul de la V85 pratique.....	166
TABLEAU 8-3 : la Distance minimale conseillée Selon B40	168
TABLEAU 8-4 : Dimensions des différentes composantes du giratoire.....	176
TABLEAU 8-5 : Les caractéristiques géométriques du carrefour2	178
TABLEAU 8-6 : récapitulatif des différents paramètres des îlots séparateurs.....	178

RESUME

Notre projet consiste à pour but de faire une étude d'un CONTOURNEMENT DE LA RN48. TRONCON DE 8.500 km DJEBBADI VERS BISKRA en 2×2 voies sur 25.87 KM, comme nous avons été chargés de réaliser une étude d'une partie de ce projet sur une distance de 8.50 km a partir du point PK 00+000 jusqu'au PK 8+500 avec conception des giratoires.

- L'objectif de ce projet a notre avis, et principalement de soulager la pression croissante sur la route principale entrant dans l'état de la ville d'oued souf.

J'ai commencé cette étude par le calcul du trafic routier de la RN48 et son extrapolation à L'horizon de 20 ans, pour le dimensionnement de la structure du corps chaussée de la route Projetée, ensuite j'ai fait le tracé en plan de l'axe de cette route à l'aide des logiciel COVADIS en respectant les normes de tracé, qui est en fonction de la vitesse de base et l'environnement, après je suis ce tracé par son profil en long et son profil en travers.

A travers cette étude nous avons pris en compte :

(Méthodologie, Construction de l'axe en plan, Création du projet, Tabulation de l'axe, Profil en long et création du projet, Définition des profils types, Affectation, calcul et Dessin du projet, Listing et paramétrage général) avec utilisation logiciel Covadis

Après toute ces étapes nous terminons notre étude de faire un devis quantitatif et estimatif du projet.

يهدف مشروعنا الي اجراء دراسة لظروف RN48 . بداية من حي جبادي نحو بسكرة في طريق ازدواجي 2*2 على مسافة 25.87كلم. حيث قمنا بدراسة جزء من هذا المشروع علي مسافة 8.50كلم من النقطة PK00+00 الي PK8+500 مع محوري الدوران .

-الهدف من هذا المشروع في رأينا هو أساسا تخفيف الضغط المتزايد علي الطريق الرئيسي الداخل لمدينة واد سوف.

-لقد بدأنا هذه الدراسة بحساب حركة المرور علي الطريق السريع RN48 واستقرارها حتى افاق 20 عاما لتحديد ابعاد هيكل الطريق

-تم التخطيط له ثم قمنا بعمل بحث مخطط تخطيطي لمحور هذا الطريق باستخدام COVADIS واحترام معايير التخطيط والتي تعتمد على السرعة والاساسيات البيئية

-بعد ذلك اتبع هذا المخطط التفصيلي من خلال ملف التعرف الطويل وملف التعريف المتقاطع ومن خلال الدراسة اخذنا بعين الاعتبار:

(المنهجية بناء المحو في المخطط انشاء مشروع جدول المحور، ملف تعريف طويل وانشاء المشروع تعرق الملفات القياسية. التخصيص الحساب والرسم المشروع وادراج وتكوينه العام)

بعد هذه الخطوات نكمل دراستنا بانجاز العرض الكمي والتقديري للمشروع

INTRODUCTION GENERAL

Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessitent des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements(dédoublement).

L'objectif de ces mesures est d'assurer la sécurité, le confort des usagers avec les moindres coûts possibles, notre projet du dédoublement a pris une place importante pour l'extension et la modernisation des infrastructures de transport. D'où, ce présent projet de fin d'études qui consiste à faire la réalisation de dédoublement d'un tronçon routier de 8.500 km qui se situe au PK 0+000 au PK 8+500 le projet commence de la ville de DJEBBADI exactement du dédoublement qui raccorde l'aéroport avec RN16 vers EL FOULIA, sur un linéaire de 25.87 KM.

Les données nécessaires à notre projet (levée topographiques, étude géotechnique et trafic, etc.) Sont fournies par la DTP D'EL-OUED (direction des travaux publics).

L'essentiel de notre étude a porté sur les éléments suivants :

- Détermination du nombre de voie à l'aide des données relatives au trafic
- La conception d'un tracé en plan, profil en long et en travers de la route avec les

Logiciels COVADIS AUTOPISTE. et AUTOCAD.

- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- L'assainissement de la route.
- Calcul des volumes remblais.
- Calcul de devis quantitatif et estimatif.

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

1. PRESENTATION DE LA WILAYA
2. PRESENTATION DE PROJET
3. LOCALISATION DE PROJET
4. APERÇU SUR LA WILAYA DE EL-OUED
5. CLIMAT DE LA WILLAYA
6. POPULATION
7. RESEAU ROUTIERE
8. PROJETS INSCRITS
9. OBJECTIF DE L'ETUDE
10. PHOTO DES CHANTIER

CHAPITRE1

1. PRESENTATION DE LA WILLAYA :

La wilaya de EL-OUED appartient à l'ensemble régional EST du pays, elle est exactement située au sud-est du pays, elle est dynamique, par son activité touristique et commerciale et agricoles dans toutes ces formes. Le territoire de la wilaya est bordé à l'est par la république tunisienne, à l'Ouest par la wilaya de mughair et Touggourt au nord par la wilaya de Tébessa, kenchla et Biskra et au sud par la wilaya de Ouargla

2. PRESENTATION DE PROJET :

Dans le cadre du projet de fin d'étude, la DTP Del-oued en accord avec L'Université de Mohammed KH eider a Biskra nous a confié a l'ETUDE DU **CONTOURNEMENT DE LA RN48. TRONCON DE 8.500 km DJEBBADI VERS BISKRA.**

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un programme de développement des voies express à 2x2 voies pour la ville de DJEBBADI tel que le dédoublement de la ville de GUEMRA, situé en milieu urbain caractérisée par ses nombreux carrefours annexes qui enregistrent des points de conflits très importants a eu une augmentation rapide de trafic.

Cette étude visée pour exécuter une meilleure fluidité de la circulation pour régler les problèmes de circulation.

3. LOCALISATION DE PROJET :

Pays	Algérie
Code de wilaya	39
Chef-lieu	El-oued
Démographie	
Population total	134 699 hab.
Densité	1 749 hab./km ²
Superficie	77 km ²
Géographie	
Cordonnées	33° 22' 06" nord, 6° 52' 03" est
Altitude	75 m
Superficie	77 km ²

TABLEAU 1-1: renseignement récapitulatif sur la wilaya d'oued souf

4 APERÇU SUR LA WILAYA DE EL-OUED :

La Wilaya d'el-oued est localisée dans la partie sud-est de l'Algérie entre 33° 22' 06" nord, 6° 52' 03" et D'une Superficie de 77 km², le territoire de la Wilaya d'EL-OUED est pratiquement au niveau de la mer (75 m). Le site de la ville est caractérisé topographiquement par une faible pente, sur lequel on retrouve deux paysages des grands sables de dune et des palmeraies.

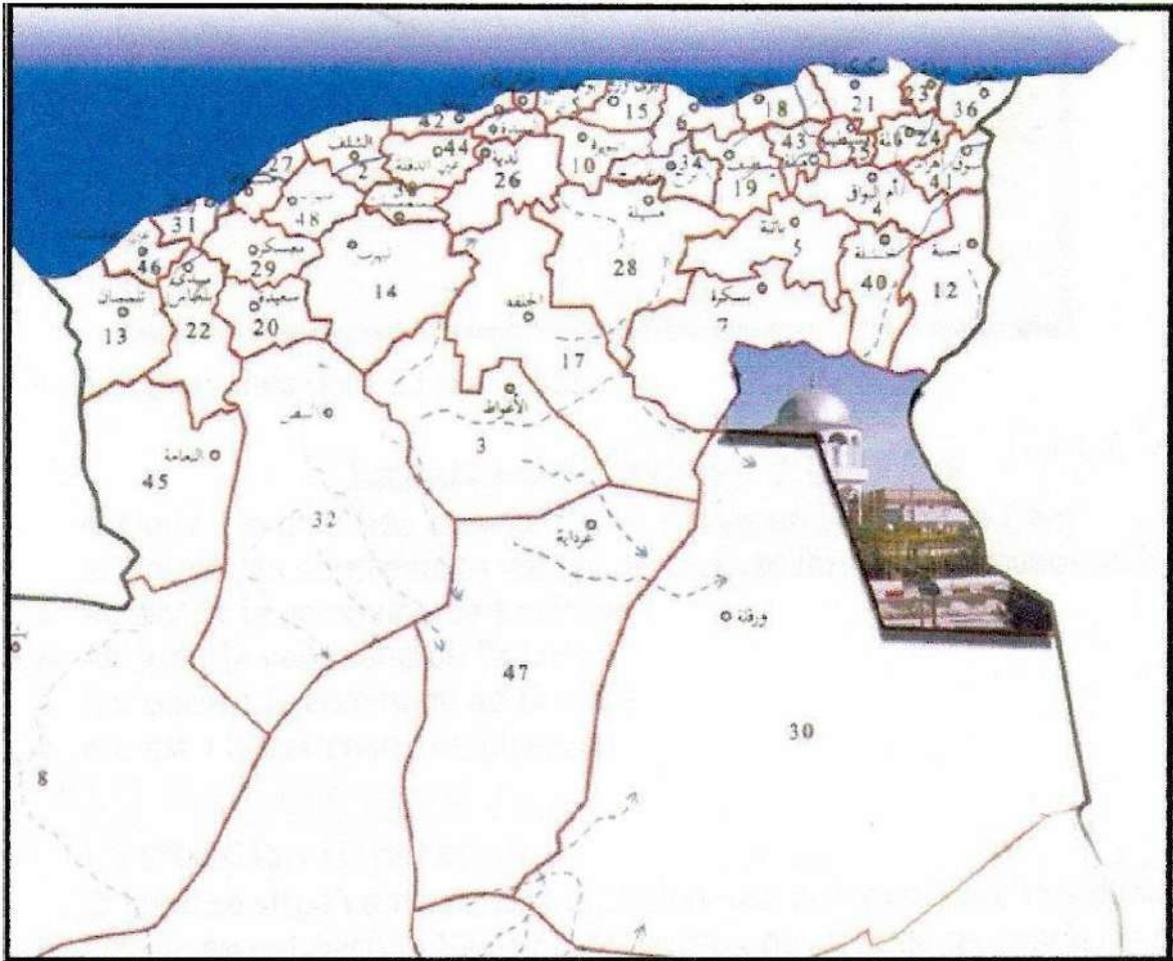


FIGURE1-1 : carte de l'Algérie et localisation de la willaya d'el-oued

5. CLIMAT DE LA WILLAYA :

Le climat à El Oued, est désertique et très sec. La [classification de Köppen](#) est de [type BWh](#). La température moyenne est de 21.8 °C et la moyenne des précipitations annuelles ne dépasse pas 100 mm^z, suivent le TABLEAU 1-2 ci-dessous.

 Données climatiques à Touggourt .

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	4	6	9	13	18	22,9	25	24	22	16	9	5	
Température moyenne (°C)	10	13	16	20,7	25	30,2	33,4	32,6	29	22	15,9	11	21,8
Température maximale moyenne (°C)	17	19,6	23	28	33	37,5	41,5	40,4	36	29	22	17	
Précipitations (mm)	8	8	11	4	7	2	0	1	5	8	11	8	74

TABLEAU 1-2 : Données climatiques de la willaya d'el 'oued

6. POPULATION :

- La population de la wilaya de EL-OUED est estimée 134 699 habitants à fin 2013,

Superficie (km²) : 77 km²

Population (habitants) : 134 699 hab.

Densité de population (hab./km²) : 1 749 hab./km²

7. RESEAU ROUTIERE :

- Infrastructures routières ou Le réseau routier de la wilaya de EL-OUED a une longueur totale de 2021 Km, répartis comme suit :

- Routes nationales : 585 km.
- Chemins de wilaya : 261 km.
- Chemins communaux : 610 km.
- Pistes : 565 km.

8. PROJETS INSCRITS :

- Réseau routier : (liaison, dédoublement, contournement, etc.)
- Réseaux ferroviaires : (électrification, nouvelle voie, etc.)
- Environnement : (nouveau CET, nouvelle décharge contrôlée)
- Energie : (projet de raccordement en énergie gazière et électrique)
- Industrie : projet de création de zones d'activités et de zones industrielles.
-

9. OBJECTIF DE L'ETUDE :

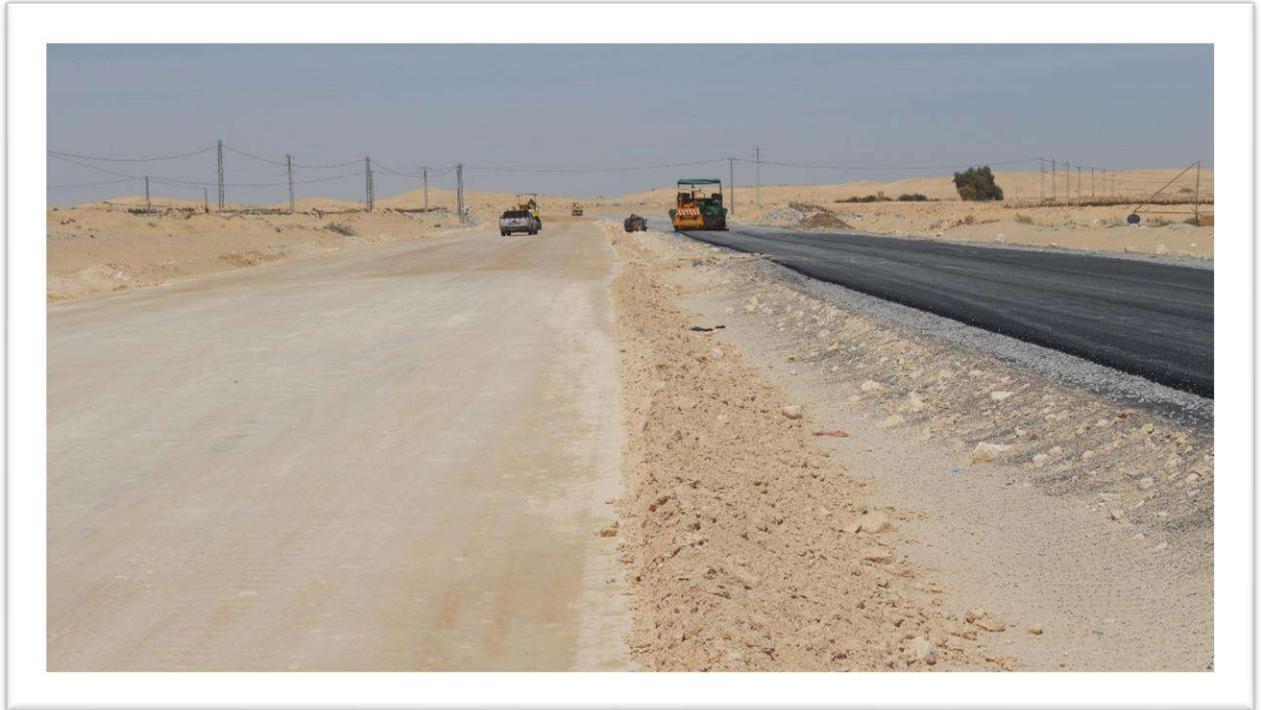
Les grands axes d'actions stratégiques qui découlent de la réalisation du CONTOURNEMENT DE LA RN48 SUR 25.87 KM DU DJEBBADI VERS BISKRA sont :

- 1) Amélioration du réseau routier en termes de maillage, de qualité d'usage et de sécurité
- 2) Assurer la vitalité du territoire en renforçant le tissu économique local.
- 3) Soulager la ville de GHAMRA et la RN48
- 4) Diminuer Le Temps Du Déplacement.
- 5) Garantir une meilleure fluidité de la circulation.
- 6) Réduire Le Coût D'exploitation Du Véhicule (C.E.V).



FIGURE1-2 : étude du contournement de la RN48 sur 25.87 km du djebbadi (W.el-oued) vers Biskra

**VISITE CHANTIER POUR VOIR L EXECUTION DU PROJET
LE :06/03/2024**



FIGURES1-3 : PHOTO DU CHANTIER

**VISITE CHANTIER POUR VOIR L EXECUTION DU PROJET
LE :06/03/2024**

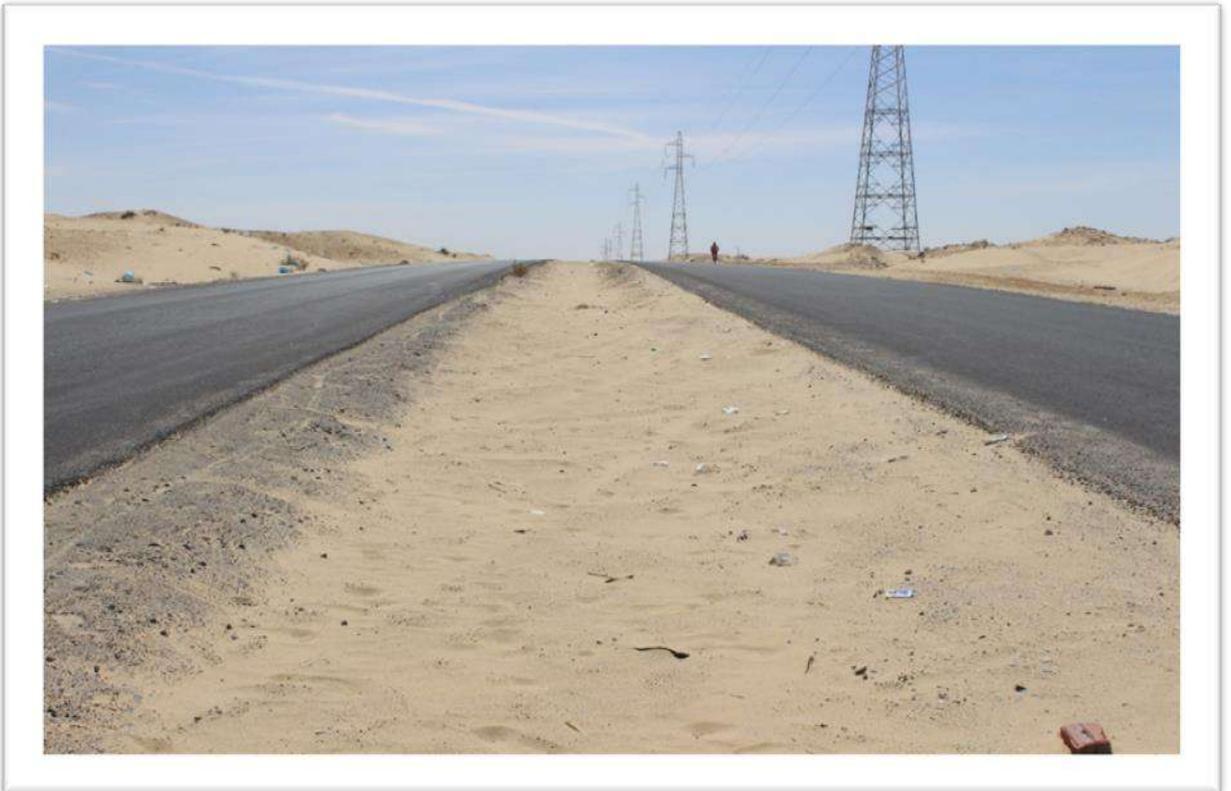


FIGURES 1-4 : PHOTO DU CHANTIER

**VISITE CHANTIER POUR VOIR L EXECUTION DU PROJET
LE :18/03/2024**



FIGURES 1-5 : PHOTO DU CHANTIER



FIGURES1-6 : PHOTO DU CHANTIER

CHAPITRE II

PARAMETRES FONDAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERES

1- PARAMETRES DE BASE :

1.1 - CARACTERISTIQUES DU PROJET

1.2 - CLASSIFICATION PAR CATEGORIE :

1.2.1 Classification d'utilité pratique et de situation

1.2.2 Classification d'ordre fonctionnel et type d'usage

1.2.3 Classification d'ordre constructif

1.2.4 Classification faisant état de la nature du trafic

1.2.5 Classification d'ordre administratif et juridique

1.3- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE (E)

1.3.1 APPLICATION AU PROJET

1.4- CINEMATIQUE DE VEHICULE :

1.4.1 VITESSE DE BASE (VB) OU VITESSE DE REFERENCE (VR)

1.4.2 HAUTEUR DE L'OEIL ET DES OBSTACLES

1.4.2.1 APPLICATION AU PROJET

1.4.3 TEMPS DE PERCEPTION-REACTION

1.4.4 LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL f_l

1.4.5 LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL f_t

1.4.6 DISTANCE DE FREINAGE d_0

1.4.7 DISTANCE DE FREINAGE d_1

1.4.8 DISTANCE DE FREINAGE d_2

CHAPITRE 2

1- PARAMETRES DE BASE :

1.1- CARACTERISTIQUES DU PROJET :

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.

En ce qui concerne pour notre projet de fin d'étude C'est un tracé neuf (en double voies) relie deux routes nationales de grand trafic à savoir la route national RN48 et la route national RN16, tout en assurant la liaison avec AEROPORT et L'évitement de la ville d'EL OUED.

1.2 - CLASSIFICATION PAR CATEGORIE :

L'ensemble des itinéraires de L'ALGERIE peut être classée en cinq catégorie fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignée par la politique d'aménagement du territoire.

1. **Catégorie 1** : Liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industrie lourde considérés deux à deux, et liaisons assurant l'abattement des centres d'industries de transformation.
2. **Catégorie 2** : Liaisons des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.
3. **Catégorie 3** : Liaisons des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservis par le réseau précédent, avec le réseau de catégories 1 et 2.
4. **Catégorie 4** : Liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégories 1-2et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.
5. **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

NB : Une classification quelle que soit est en général conçue à partir d'un certain point de vue, selon une certaine base de jugement c'est à dire selon un critère qui peut être :

- 1 Classification d'utilité pratique et de situation.

- 2 d'ordre fonctionnel et type d'usage
- 3 d'ordre constructif
- 4 faisant état de la nature du trafic
- 5 d'ordre administratif et juridique

1.2.1 Classification d'utilité pratique et de situation :

- Les routes urbaines
- Les routes interurbaines
- Les routes « de rase campagne », sont une autre dénomination des routes interurbaines
- Les routes forestières, situées en forêt
- Les routes de montagnes, soumises à des contraintes particulières d'aménagement et d'entretien.

1.2.2 Classification d'ordre fonctionnel et type d'usage :

- Les routes réservées à certaines catégories d'usagers (cyclistes ou piétons) ont des Dénominations spécifiques :
- Le réseau « vélo route et voies vertes » doit permettre la circulation des vélos à moindre risque.
- Les routes ou rues piétonnes ou chemins piétons sont réservées aux piétons.

1.2.3 Classification d'ordre constructif :

- Mode d'exploitation et financement
- Nature du revêtement, le réseau routier est constitué à la fois de routes revêtues et de routes non revêtues. On distingue les routes revêtues des routes en terre. Parmi les routes revêtues, il y a les routes revêtues en enrobés, en enduits superficiels (couche de bitume ou émulsion de bitume et de gravillons) et les routes en béton.

1.2.4 Classification faisant état de la nature du trafic :

D'après les campagnes de comptage une classification de réseau algérien a été établie selon la Consistance du trafic (RN1, RN5 et RN4 sont les routes les plus chargées)

1.2.5 Classification d'ordre administratif et juridique :

Elle est fondée sur les notions de propriétés, de financement et d'entretien, éventuellement aussi Sur la question des compétences en matière de planification générale et d'approbation des projets Définitifs. Les données relatives aux réseaux routiers de l'Algérie figurent au tableau suivant :

Le réseau routier qui irrigue notre pays comporte aujourd'hui, 112.696 km de routes dont .

- 85 360 km sont revêtus soit 77 % du réseau et 4910 ouvrages d'art, ce réseau est formé de :

- Routes nationales : 29 280km dont 26 087km revêtus.
- Chemins de wilayas : 23 771km dont 22 027km revêtus.
- Chemins communaux : 59 645km dont 37 246km revêtus.
- 2642 ouvrages d'art sur les routes nationales.
- 1302 ouvrages d'art sur chemins de wilayas.
- 966 ouvrages d'art sur les chemins communaux.

1.3- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE (E) :

Caractérisé par :

-1) Dénivelée cumulé moyenne au Km : h / L permettant de mesurer la variation longitudinale du relief

Avec h : dénivelée totale = $\sum h_i = \sum \rho_i \cdot l_i$ et L : longueur itinéraire.

$h/L \leq 1,5\%$ → terrain plat

$1,5\% < h/L \leq 4\%$ → terrain vallonné

$h/L > 4\%$ → terrain montagneux

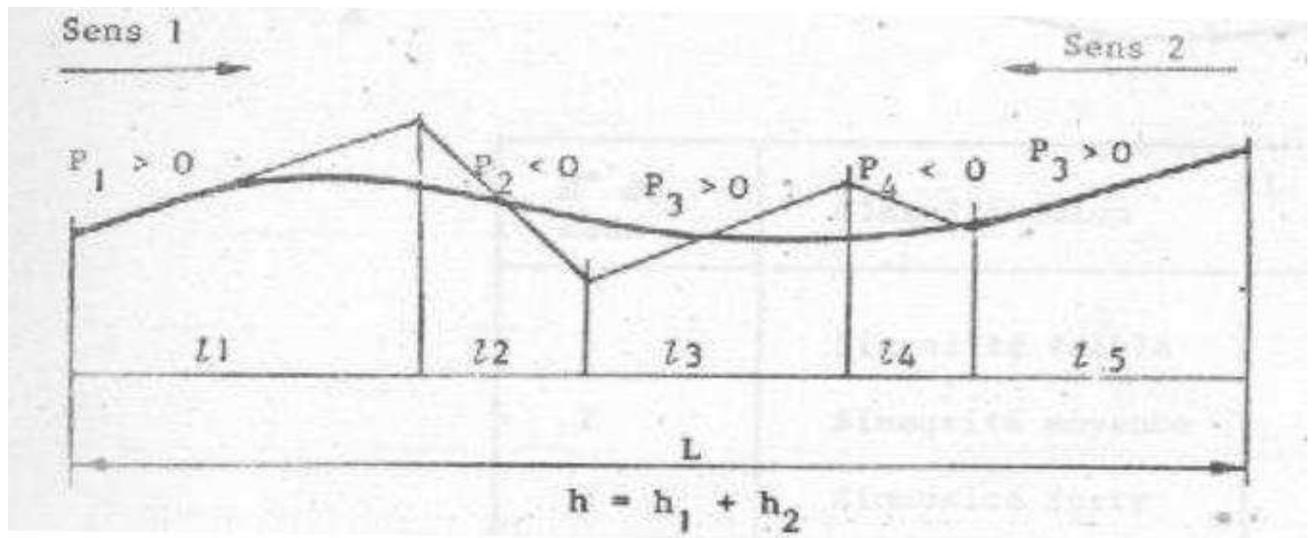


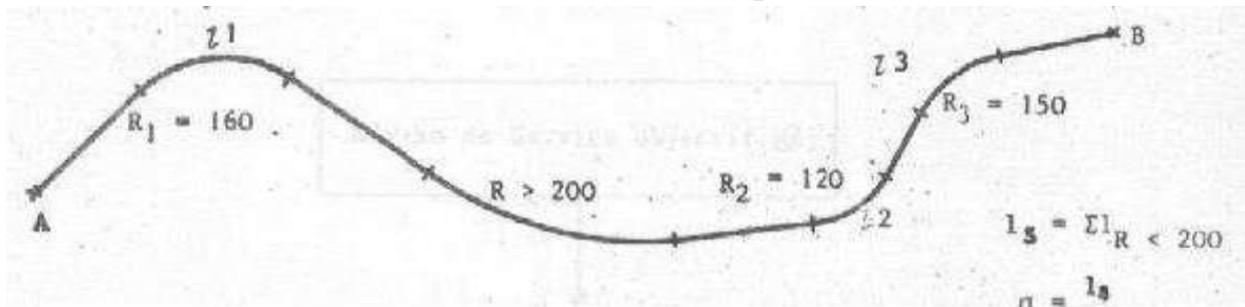
FIGURE 2-1 : Variation longitudinale du relief.

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée moyenne h/L
1	Terrain PLAT	$h/L \leq 1.5\%$
2	Terrain VALLONNE	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain MONTAGNEUX	$h/L > 4\%$

TABLEAU 2.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne

- 2) Sinuosité moyenne : $\sigma = l_s / L$ longueur des courbes de $R \leq 200m$ / longueur totale.

FIGURE2-2 : tracé en plan



$\sigma = l_s / LAB$

$l_s = 11 + \dots + 15 (R \leq 200m)$

l_s : la longueur sinueuse.

LR : longueur de rayon ≤ 200 .

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

N°	CLASSIFICATION	SINUOSITE MOYENNE
1	Sinuosité FAIBLE	$\bar{\sigma} \leq 0.10$
2	Sinuosité MOYENNE	$0.10 < \bar{\sigma} \leq 0.30$
3	Sinuosité FORTE	$\bar{\sigma} > 0.30$

Tableau 2-2: 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 ($B < 0.10$)	Moyenne $0.1 < B < 0.30$	Forte $B > 0.30$
PLAT ($h/l < 1.5\%$)	E1	E2	
VALONNE ($1.5\% < h/l < 4\%$)	E2	E2	E3
MONTAGNE ($h/l > 4\%$)		E3	E3

Tableau 2-3 : TYPE D'ENVIRONNEMENT

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

1.3.1 APPLICATION AU PROJET :

Suivant à la NORME TECHNIQUE D'AMENAGEMENT DES ROUTE (B40)

On a un **terrain Plat** et une **sinuosité faible**, notre route se classe en **E1**

La route nationale RN°48 est considérer comme une liaison entre les centres d'industrie et d'économies (BISKRA/EL OUED).

Le tracé du projet doit être classé comme une route de classe **C1**.

1.4- CINEMATIQUE DE VEHICULE :

1.4.1 VITESSE DE BASE (VB) OU VITESSE DE REFERENCE (VR)

- C'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée.
- Elle est imposée par les zones dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes.
- Elle permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières.
- Elle doit être la même sur de longues sections et ce pour éviter tout effet de surprise.
- La transition entre deux sections de vitesse de référence différentes doit être perceptible.
- Elle permet de normaliser les conditions techniques d'aménagement des routes.

- Pour notre projet en a l'environnement **E1**, Catégorie **C1**

- A retenir que les normes B40 proposent pour chaque couple catégorie Environnement trois (03) vitesses (120, 100 et 80 km/h). Pour notre projet, on opte pour une vitesse de 80 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 2-4 : valeurs des vitesses de base

NB : - On a retenu une vitesse pratiquée de 80 kilomètres par heure. À cette vitesse, la longueur complète de la route, soit une distance de 25.87 kilomètres peut être parcourue en environ 19.40minutes .

1.4.2 HAUTEUR DE L'OEIL ET DES OBSTACLES :

Les hauteurs de l'oeil 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.

h_0 : La hauteur de l'œil.

h_1 : la hauteur d'un obstacle.

h_2 : La hauteur d'un véhicule en sens inverse

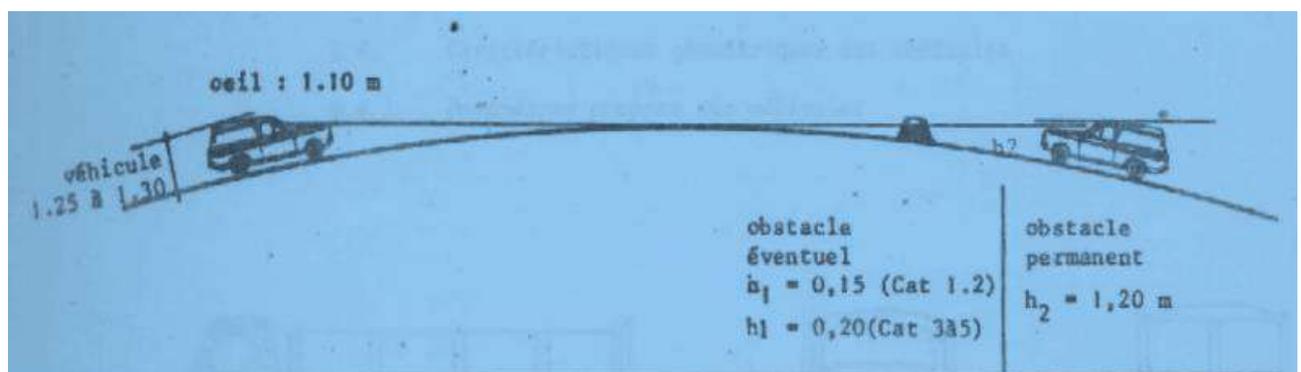


FIGURE2-3 : hauteur de l'œil et des obstacles

Catégories Paramètres	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Cat.5
A- Indépendants de l'environnement					
1- Manque : œil h_0	1,10 m			1,10 m	
Obstacle h_1	0,15 m			0,20 m	
Obstacle h_2	1,20 m			1,20 m	

TABLEAU2-5 : Paramètre fondamentaux des projets routières

1.4.2.1 APLICATION AU PROJET :

Pour notre projet on a : $h_0 : 1.10 / h_1 : 0.15 / h_2 : 1.20$

1.4.3 TEMPS DE PERCEPTION-REACTION

Le temp de perception-réaction intervienne pour :

- 1 Le freinage.
- 2 Le dépassement.
- 3 L'observation.

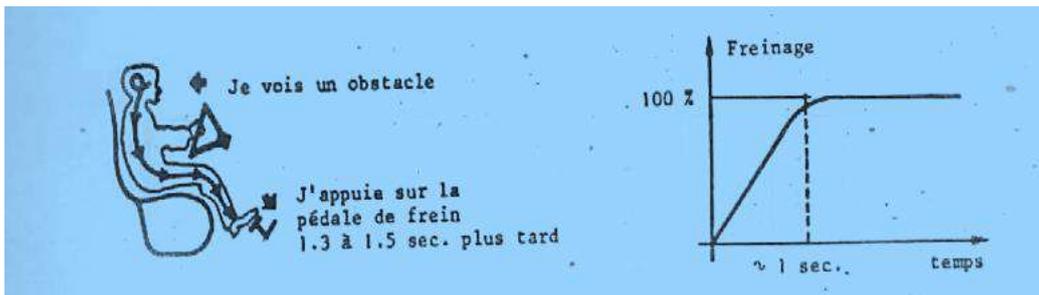


Figure2-4 : temp de perception-réaction

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

Tableau2-6 : temp de perception-réaction

NB : pour notre projet / $t=2.0s$ pour $V\leq 80Km/h$

1.4.4 LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT LONGITUDINAL f_l :

Sert a défini les valeurs minimales de la distance de freinage, dans tous les cas il est variable avec la vitesse et pour notre cas en prend $f_l : 0.33$ SELON B40.

1.4.5 LE COEFFICIENT DE FROTTEMENT TRANSVERSAL f_t :

Il est utilise pour déterminer le rayon en trace en plan associe a un divers données dans tous les cas il est variable avec la vitesse, on prend $f_t : 0.10$ pour une $V_r : 80\text{km/h}$, catégorie C : 1

B- Dépendants de l'environnement					
E1	6- $V_{VL} - V_{PL}$	120-40	120-35	100-30	80
	7- Temps réaction	1,8s	1,8s	1,8s	1,8s
	8- Accn verticale	$g/40$	$g/30$	$g/30$	$g/30$
	9- $F_L - F_t$	0,33-0,10	0,36-0,11	0,40-	0,43-0,15
	10- Acc ⁿ - Dec ⁿ	0,5-1,50	0,60-1,60	0,125 0,80-1,80	0,95-2,00
E2	$V_{VL} - V_{PL}$	100-35	100-30	80-25	60
	Temps réaction	1,8s	1,8s	1,8s	2s
	Accn verticale	$g/40$	$g/30$	$g/30$	-
	$F_L - F_t$	0,36-0,11	0,40-0,125	0,43-0,15	0,46-0,18
	Acc ⁿ - Dec ⁿ	0,50-1,50	0,70-1,70	0,90-1,90	1,10-2,00
E3	$V_{VL} - V_{PL}$	80-30	80-25	60-20	40
	Temps réaction	1,8s	1,8s	2s	2s
	Accn verticale	$g/40$	$g/30$	-	-
	$F_L - F_t$	0,39-0,13	0,43-0,15	0,46-0,18	0,49-0,22
	Acc ⁿ - Dec ⁿ	0,60-1,60	0,80-1,80	1,00-2,00	1,25-2,00

Tableau2-7 : selon B40 FL et FT

1.4.6 DISTANCE DE FREINAGE d_0 :

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant l'action effective de freinage Jusqu'à l'annulation de sa vitesse initiale

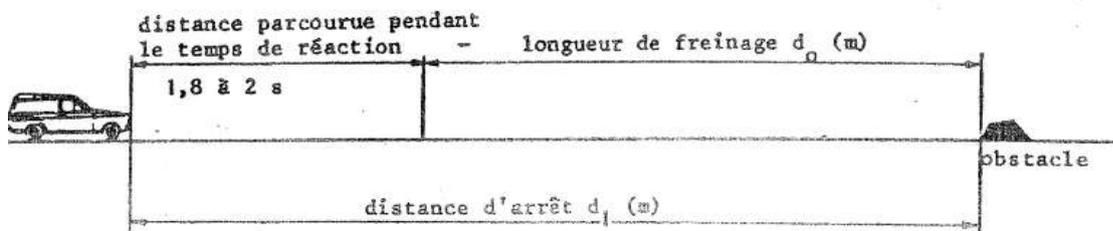


FIGURE 2-5: distance de freinage d_0

$d_0 = \frac{v^2}{260f_t} = 80^2 / 260 \times 0.33 \text{ ----- } 74.60\text{M}$ CAS DE LALIGNEMENT

$p =$ déclivité du profil en long (en m/m) _____ ± 0.05



FIGURE 2-6: route en déclivité

$$\frac{v^2}{260x(f_l \mp 0,05)} = \frac{80^2}{260x(0,33+0,05)} \quad d_0=64.77M \text{ CAS D'UNE RAMPE}$$

$$\frac{80^2}{260x(0,33_{0,05})} \quad d_0= 87.91M \text{ CAS DE PENTE}$$

1.4.7 DISTANCE DE FREINAGE d1:

C'est la distance conventionnelle théorique nécessaire à un véhicule pour s'arrêter compte tenu de sa vitesse, calculée comme la somme de la distance de freinage et de la distance parcourue pendant le temps de perception réaction.

NB/ En courbe, si R est inférieur à 5V (km/s), la distance de freinage augmentée est majorée de 25%.

VR(km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
d (en AD) (m)	15	25	35	50	65	85	105	130	160
d (en courbe)(m)	15.5	26.5	40	55	72	95	121	151	187

Tableau2-8 : La distance d'arrêt en fonction de VR donnée par le tableau ci- dessous

a) En alignement :

$$d_1 = d_0 + (V_R/3.6) \times t_r \quad d_1 = 74.60 + (80/3.6) \times 2.00 = 119.04 M$$

b) En déclivité :

$$\text{EN RAMPE } d_1 = \frac{V_R^2}{260*(f_l+i)} + \frac{V_R}{3.6} * t_r = \frac{80^2}{260*(0.33+0.05)} + \frac{80}{3.6} * 2 = 109.22M$$

$$\text{EN PENTE } d_1 = \frac{V_R^2}{260*(f_l+i)} + \frac{V_R}{3.6} * t_r = \frac{80^2}{260*(0.33-0.05)} + \frac{80}{3.6} * 2 = 132.36M$$

1.4.8 DISTANCE DE FREINAGE d2 :

La distance nécessaire peut être estimée à la distance parcourue en 3 secondes à la vitesse V85 (m/s) et mesurée entre le point d'observation : l'œil du conducteur (hauteur 1m, 2 m du bord droit de la chaussée) et le point observé (Hauteur 0 m sur l'axe de La chaussée au début de la partie circulaire du virage).

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

$$d_2 = d_1 \quad \text{ci } R > 5.VR$$

Dans notre cas _____ $R = 600 \geq 5 \times 80 = 400$

DANS CE CAS EN PREND : $d2 = d1 = 119.04 \text{ M}$

Paramètre	Symbole	Valeurs(B40)	Valeurs calculés
Vitesse de base(Km/h)	VR	80	80
Temps de perception-réaction(s)	$t1$	1.80	1.80
Coefficient de frottement longitudinal	fl	0.33	0.33
Coefficient de frottement transversal	ft	0.10	0.10
Distance de freinage en Alignement (m)	$d0$	/	74.60
Distance de freinage en Rampe(m)	$d0$	/	64.77
Distance de freinage on Pente(m)	$d0$	/	87.91
Distance d'arrêt(m) en Alignement	$d1$	/	119.04
Distance d'arrêt on rampe (m)	$d1$	/	109.22
Distance d'arrêt on pente (m)	$d1$	/	132.36
La distance d'arrêt en courbe $d2$ (m)	$d2$	/	119.04

Tableau2-9 : Les valeurs des paramètres de base calculés selon B40

Rayon	Symbole (%)	Env . 1 .			Env . 2 .			Env . 3 .		
Catégorie 1 - 2	Vr	120	100	80	100	80	60	80	60	40
- mini absolu	RHm (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
-mini normal	RHN (5%)	1000	650	450	650	450	250	450	250	125
- au d.min	RHd (2,5%)	2200	1600	1000	1600	1000	550	1000	550	250
- non déversé	RHnd (-2,5%)	3200	2200	1400	2200	1400	800	1400	800	350
Catégorie 3	Vr	120	100	80	100	80	60	80	60	40
- mini absolu	Rhm	600 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	230 (7%)	115 (7%)	40 (7%)
-mini normal	RHN	850 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	400 (5%)	230 (5%)	115 (5%)
- au d.min	RHd (3%)	1900 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)
- non déversé	RHnd (-3%)	2800 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	300 (-3%)
Catégorie 4	Vr	100	80	60	80	60	40	60	40	
- mini absolu	RHm	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	40 (7%)	115 (8%)	40 (7%)	
-mini normal	RHN	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	115 (5%)	230 (6%)	115 (5%)	
- au d.min	RHd	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	
- non déversé	RHnd	1250 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	
Catégorie 5	Vr	80	60	40	60	40	-	40		
- mini absolu	RHm	210	105	40	105	40		40		
-mini normal	RHN	350	210	105	210	105		105		
- au d.min	RHd	800	450	200	450	200		200		
- non déversé	RHnd	1100	650	280	650	280		280		

Tableau 2-10 : Rayons en plan et devers associés selon B40

CHAPITRE III

ETUDE DE TRAFIC

1. INTRODUCTION
2. ANALYSE DE TRAFIC
3. DIFFERANTS TYPES DES TRAFICS
 - 3.1 – TRAFIC NORMAL
 - 3.2 - TRAFIC DEVIEE
 - 3.3 - TRAFIC INDUIT
 - 3.4 - TRAFIC TOTAL
4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC
 - 4.1- PROLONGATION DE L'EVOLUTION PASSEE
 - 4.2 - CALCUL DE LA CAPACITE
 - 4.2.1- DEFINION DE LA CAPACTE :
 - 4.2.2- LA PROCEDURE DE DETRMINATION DE NOMBRE DE VOIES :
 - 4.2.2.1- le trafic moyen journalier annuel TJMA (v / j)
 - 4.2.2.2 -Le trafic à un horizon donné
 - 4.2.2.3- Le trafic effectif (Teff)
 - 4.2.2.4- Débit de pointe horaire normal
 - 4.2.2.5 - Débit horaire admissible
 - 4.2.2.6 -Détermination de nombre de voie
- 5 - APPLICATION AU PROJET
 - 5.1- Les données de trafics
 - 5.2 - Hypothèses de calcul
 - 5.3 - Détermination de nombre des voies
- 6- CONCLUSIO

CHAPITRE III

LE TRAFIC

1. INTRODUCTION :

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

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

- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du Volume de circulation.
- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route.
- Constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des Circulations attendues (nombres des voies).

2. ANALYSE DE TRAFIC :

Diverses méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, on veille cependant à adopter le niveau de connaissance aux besoins, le coût des investigations conduit à limiter celle-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en toute connaissance de cause, enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner

l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble Du projet. Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : **les comptages**
- Celles qui permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs :

Les enquêtes.

3. DIFFERENTS TYPES DES TRAFICS

3.1 – TRAFIC NORMAL :

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

3.2 - TRAFIC DEVIEE :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et Empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, La dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

3.3 - TRAFIC INDUIT :

C'est le trafic qui résulte – Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

– 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.

3.4 – TRAFIC TOTAL

- C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

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 :

1 - Prolongation de l'évolution passée.

2 - Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.

3 - Modèles gravitaire.

4 - Modèle de facteur de croissance.

NB : 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 Économique de la région.

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 :

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

ON A :

T₀ : 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.

4.2 - CALCUL DE LA CAPACITE :

4.2.1- DEFINION DE LA CAPACTE :

- La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent Raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de Circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminé, la capacité Dépend :

- 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).

4.2.2- LA PROCEDURE DE DETRMINATION DE NOMBRE DE VOIES :

-Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

-Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

4.2.2.1- 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)

4.2.2.2 -Le trafic a un horizon donné :

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

$$TMJA_{\text{horizon}} = TMJA_0 \times (1 + \tau)^n$$

4.2.2.3- Le trafic effectif (Teff) :

- C' est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

- Type de route et de l'environnement :
- Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).
- Le trafic effectif donné par la relation suivante :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Routes	2 voies	3 voies	≥ 4 voies
E1 : facile (plaine)	3	2.5	2
E2 : moyen (vallonné)	6	5	4
E3 : difficile (montagneux)	12	10	8

Tableau 3-1 : Coefficient p d'équivalence Poids lourd/Véhicule léger

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	6-8	12
Route étroite	3-6	12-16	24

Tableau 3-2 : Coefficient d'équivalence

4.2.2.4 -Débit de pointe horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

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

Q : débit de pointe horaire normale UVP/h.

$1/n=0.12$ (coefficient de pointe). Avec : T_{eff} : Trafic effectif.

4.2.2.5 - Débit horaire admissible

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

$$Q_{adm} (uvp/h) = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

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 a 0.95

Tableau 3-3 : valeurs de K_1 selon la classe de l'environnement

Valeurs de K_2 :	§§§Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
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 3-4 : valeurs de K_2 selon l'environnement et la catégorie de la route.

Valeurs de C_{th} :

LA ROUTE	LA CAPACITE THEORIQUE
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 3-5 : valeur de capacité théorique C_{th} selon B40

4.2.2.6 -Détermination de nombre de voie :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche

Du rapport :

$$n = S * \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Avec : S le coefficient dissymétrie, en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie = ($K_1.K_2. C_{th}$) uvp/h

C_{th} : 1500 à 1800 (uvp/h).

5 - APPLICATION AU PROJET :

5.1- Les données de trafics :

Les données du trafic :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la **DTP D EL-OUED** en coordination avec le **CTTP OUERGLA** nous vous présentons les données les plus importantes que nous avons obtenues :

- Chaussée unidirectionnelle à deux voies, donc 90 % du trafic PL sur la voie lente
- Année de mise en service : 2020.

- TJMA 2014 = 4196 v/j (Année de comptage donné par le client DTP ELOUED).
- Durée de vie 20 ans
- Le taux de croisement est de 4 %
- Pourcentage du poids lourd est 34.45%

5.2 - Hypothèses de calcul :

5.2.1- Calcul de trafic à l'année mise en service :

$$TJMA_{2025} = (1 + \tau)^n TJMA_{2014} = (1 + 0.04)^{12} \times 4196 = 6718 \text{ V/J}$$

5.2.2- Calcul de trafic à l'année horizon :

$$TJMA_{2045} = (1 + \tau)^n TJMA_{2025} = (1 + 0.04)^{20} \times 6718 = 14720 \text{ V/J/}$$

5.2.3 - Calcul de trafic effectif à l'année mise en service :

$$T_{eff}(2025) = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2025} = [(1-0.345) + 2 \times 0.345] \times 6718 = 9036 \text{ (uvp/J)/}$$

NB : $P = 2$ (route de ≥ 4 voies et de bonnes caractéristiques E1).

5.2.4 - Calcul de trafic effectif à l'année horizon :

$$T_{eff}(2045) = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2045} = [(1-0.345) + 2 \times 0.345] \times 14720 = 19798 \text{ (uvp/J)/}$$

5.2.5 - Calcul de débit de pointe horaire à l'année horizon :

$$Q_{2045} = (0.12) \times T_{eff}(2045) = 0.12 * 19798 = 2376 \text{ (uvp/h).}$$

5.3 - Détermination de nombre des voie :

- Calcul de Débit admissible :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times Cth$$

K1 : Coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1

K2 : Coefficient correcteur pris égal à 1.00 pour environnement (E1) et catégorie (C1).

ON A : Capacité théorique Cth (uvp/h)

ON EST DANS LE CAS D'UNE ROUTE : **chaussées séparées**

ON A : $1500 < Cth < 1800$ uvp/h/sens. on prend $Cth = 1800$

- Capacité admissible :

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot Cth$$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ UVP/H/SENS}$$

$$n = s \times \frac{Q}{Q_{adm}} \quad \text{avec : } s = \frac{2}{3} \quad \dots \quad n = \frac{2}{3} \times \frac{2376}{1350} = 1.17 \approx \text{on prend } 2 \text{ voies}$$

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

➤ **Calcul de l'année de saturation :**

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

Q saturation = $4 \times Q_{adm}$; $Q_{adm} = K1 K2 C_{th} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350$
uvp/h/SENS

Q saturation = $1350 \times 4 = 5400$ **uvp/h.**

D'autre part :

$TJMA_{HORIZON} = (1 + \tau)^n \times TJMA(2025)$

$T_{eff}(2025) = [(1 - Z) + P \times Z] \times TJMA_{2025} = [(1 - 0.345) + 2 \times 0.345] \times 6718 = 9036$
(uvp/J)

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

$Q(2025) = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{eff}(2025)$ D'UNE PART ON A : $\frac{1}{n} = 0.12$

$Q(2025) = (0.12) \times T_{eff}(2025) = 0.12 * 9036 = 1084$ **(uvp/h)**

ON PREND :

$5400 = 1084 \times (1 + 0.04)^n$

----- $(1 + 0.04)^n = 5400 / 1084 = 5.00$

----- Alors $n = \ln 5 / \ln 1.04 = 41$

DONC ON A LA ROUTE SERA SATURE EN 2025 + 41 = 2066

6- CONCLUSION :

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

$TJMA_{2014}$ (V/J)	$TJMA_{2025}$ (V/J) mise en service	$TJMA_{2045}$ (V/J) horizon	$T_{eff}(2045)$ (uvp/J)	Q_{2045} (uvp/h)	N (voies) deux sens
4196	6718	14720	19798	2376	4

Tableau 3-6 : récapitulatif des résultats de notre projet

D'après les calculs effectués :

LE TRONCON DE 8,5 KM DU DJEBBADI (W.EL-OUED) VERS BISKRA la RN48, un profil composé de «2x2» voies. Une saturation est prévisible en 2066.

CHAPITRE IV

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION

2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE

3. ROLES DES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE:

3.1 - La couche de surface

3.2 - Les couches d'assise (corps de chaussée)

3.3 - La couche de forme

4. CLASSIFICATION DES CHAUSSEES

4.1 - CHAUSSEE SOUPLE

4.1.1- Couche de surface

4.1.2- Couche de base

4.1.3- Couche de fondation

4.1.4- Couche de forme

4.2 - CHAUSSEE SEMI RIGIDE

4.3- CHAUSSEE RIGIDE

5. LES DIFFERENTS TYPE DES CHAUSSEES EN ALGERIE

6. LES PARAMETRE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

7. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

7.1 - METHODE EMPIRIQUE (CLASSIQUES)

7.2 - METHODE THEORIQUE «RATIONNELLES»

7.3 - METHODE SEMI EMPIRIQUE

7.3.1- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)

7.3.2 - Détermination des épaisseurs des couches

7.3.3 - Coefficient d'équivalence

7.4 – METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT NEUVES DES CHAUSSEES (CTTP) :

7.4.1- La démarche du catalogue

7.4.2 -Détermination du type de réseaux principaux RPi

7.4.3- Détermination de la classe de trafic (TPLi)

7.4.4 - Calcul du trafic cumulé équivalent

7.4.4.1- Calcul du trafic cumulé de poids lourds TCi

7.4.5 - Détermination de la portance de sol support de chaussée

7.4.5.1- Présentation des classes de portance des sols

7.4.5.2- Plages probables de portance des sols

7.4.5.3- Portance des sols tassés :

7.4.5.3.1 - Cas des sols sensibles à l'eau

7.4.5.3.2 - Cas des sols insensibles à l'eau

7.4.5.3.3 - Sur classement des sols supports de chaussées

7.5 – DETERMINATION DE LA ZONE CLIMATIQUE

8 - APPLICATION AU PROJET

9.- CONCLUSION

10-VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT

11- VERIFICATION DE LA STRUCTURE AVEC ALIZE lcpc

12 - CONCLUSION

CHAPITRE IV

DIMENSIONNEMENT DUCORPS DE CHAUSSÉE

1. INTRODUCTION :

Afin d'assurer à une infrastructure routière un bon fonctionnement on doit Dimensionner sa chaussée en prenant soin de toute les données géotechniques ainsi que toutes les charges à lesquelles elle sera soumises durant toute sa durée de vie, Ce dimensionnement consiste à déterminer l'épaisseur des couches qui les constituent dans le but d'assurer la transmission des surcharges au terrain naturelle et la résistance de la chaussée aux diverses agressions externes (action des essieux et des véhicules lourds, effets des intempéries.....).

2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE :

Au sens géométrique :

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

Au sens structurel :

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

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée, constituée du sol terrassé, dit sol support, le plus souvent surmonté d'une couche de forme.

3. ROLES DES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE :

3.1 - La couche de surface :

La couche de surface est constituée :

- De la **couche de roulement**, qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle S'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat.

Et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche déroulement.

_ Rôle de couche de surface :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence)

- Assurer le confort (bruit et uni.).

3.2 - Les couches d'assise (corps de chaussée) :

L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches, la couche de Fondation, surmontée de la couche de base. Ces couches en matériaux élaborés, le plus souvent liés (bitume, liants hydrauliques), pour les forts trafics apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur le support, afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles.

3.3 - La couche de forme :

Cette couche, qui ne fait pas partie intégrante de la chaussée, a plusieurs fonctions :

- Pendant les travaux (court terme), elle protège le sol support, contribue au Nivellement et permet la circulation des engins de chantier.
 - elle permet de rendre plus homogènes les caractéristiques du sol terrassé et de protéger ce dernier du gel.
- 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 des chaussées.

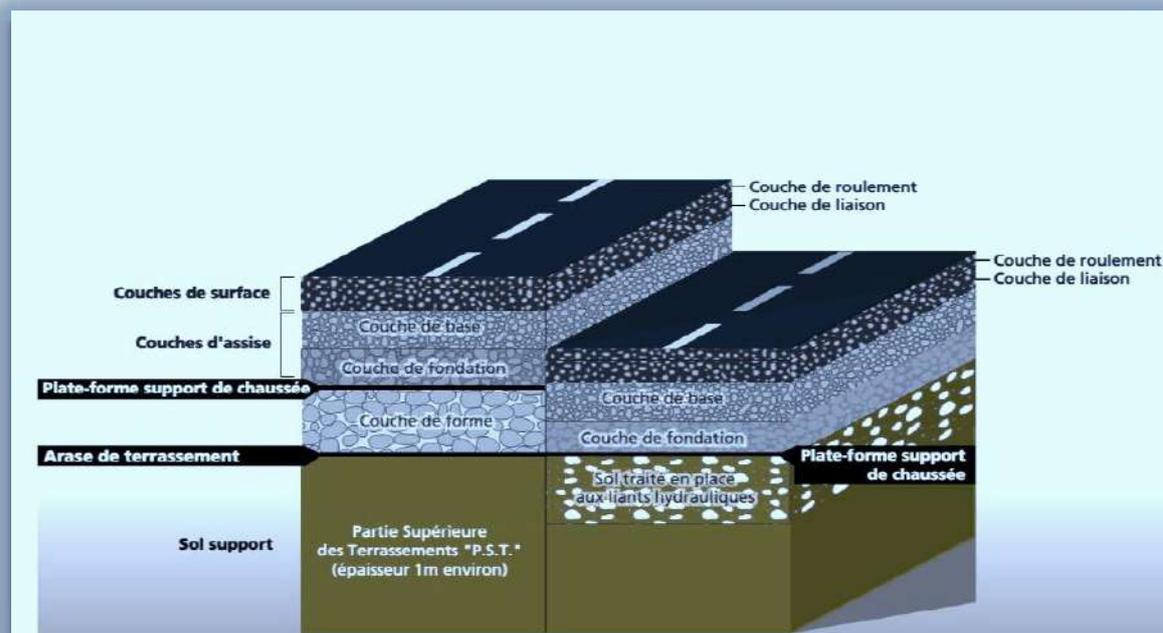


Figure 4-1 : les différentes couches de la chaussée

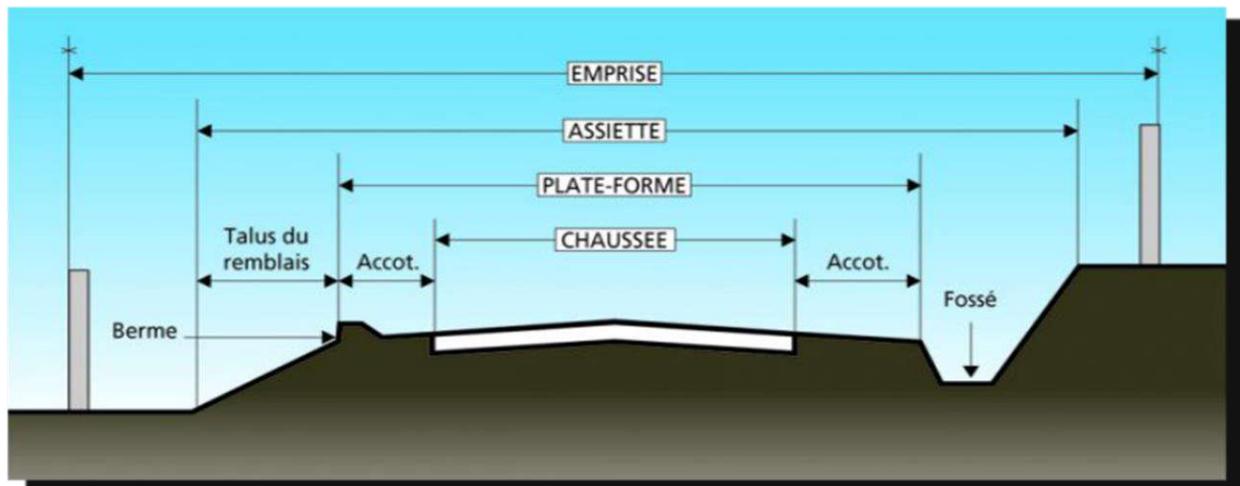


Figure4-2 : Structure corps de chaussée

4. CLASSIFICATION DES CHAUSSEES :

On distingue six structures de chaussées qui diffèrent par le dimensionnement des couches qui les composent :

- Chaussées souples.
- Chaussées bitumineuses épaisses.
- Chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques.
- Chaussées à structure mixte
- Chaussées à structure inverse,
- Chaussées en béton de ciment.
- Dans cette recherche on peut regrouper les chaussées en trois grandes catégories :

4.1 - CHAUSSEE SOUPLE :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux ont une granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

- Les chaussées souples se composent de quatre couches :

4.1.1- Couche de surface :

- C'est la couche superficielle de la chaussée et qui est en contact direct avec les pneumatiques, elle a pour rôle :
- La résistance aux efforts des charges dynamiques et la transmission des charges verticales à la base.
- L'imperméabilisation de la surface de la chaussée.

Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison.

4.1.2- Couche de base :

- Elle a pour rôle de résister aux efforts verticaux et de répartir sur la couche de Fondation les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau traité ou non traité de bonne caractéristique mécanique.

4.1.3- Couche de fondation :

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

4.1.4- Couche de forme :

- Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme qui sont pour :

- **Un sol rocheux** : Joue un rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Un sol peut portant** : (argileux à teneur en eau élevée), elle assure une portance Suffisante à court terme permettant aux engins de chantiers de circuler dans de bonnes conditions.

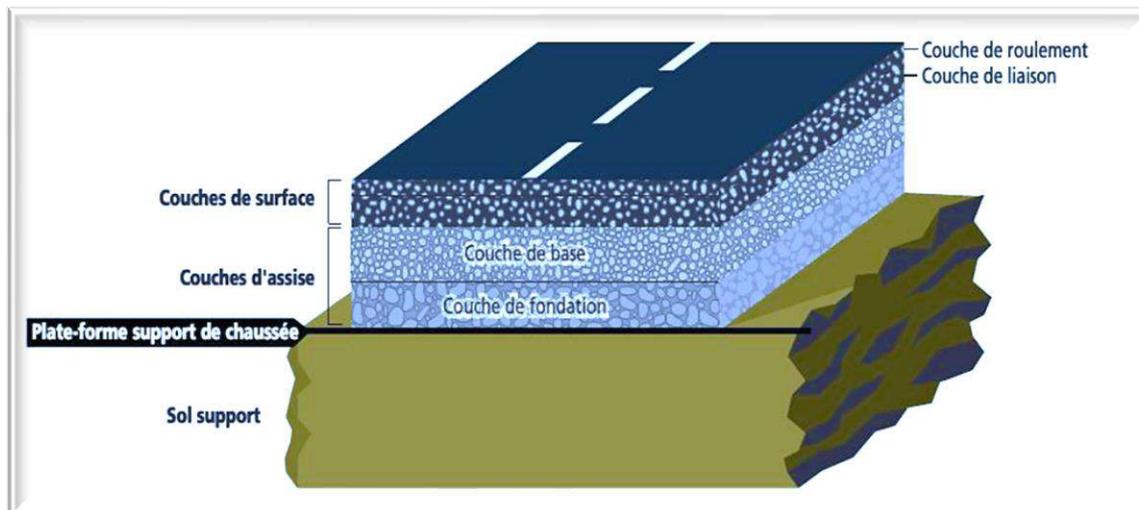


Figure 4-3 : Structure type d'une chaussée souple

4.2- CHAUSSEE SEMI RIGIDE :

Chaussée constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées aux liants hydrauliques (ciment, cendres volantes) et d'une couche de surface en béton bitumineux ; son comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ; la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de

traction se développent à la base des couches (condition déterminante pour le dimensionnement de ces couches).

NB / 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.

4.3- CHAUSSEE RIGIDE :

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue.

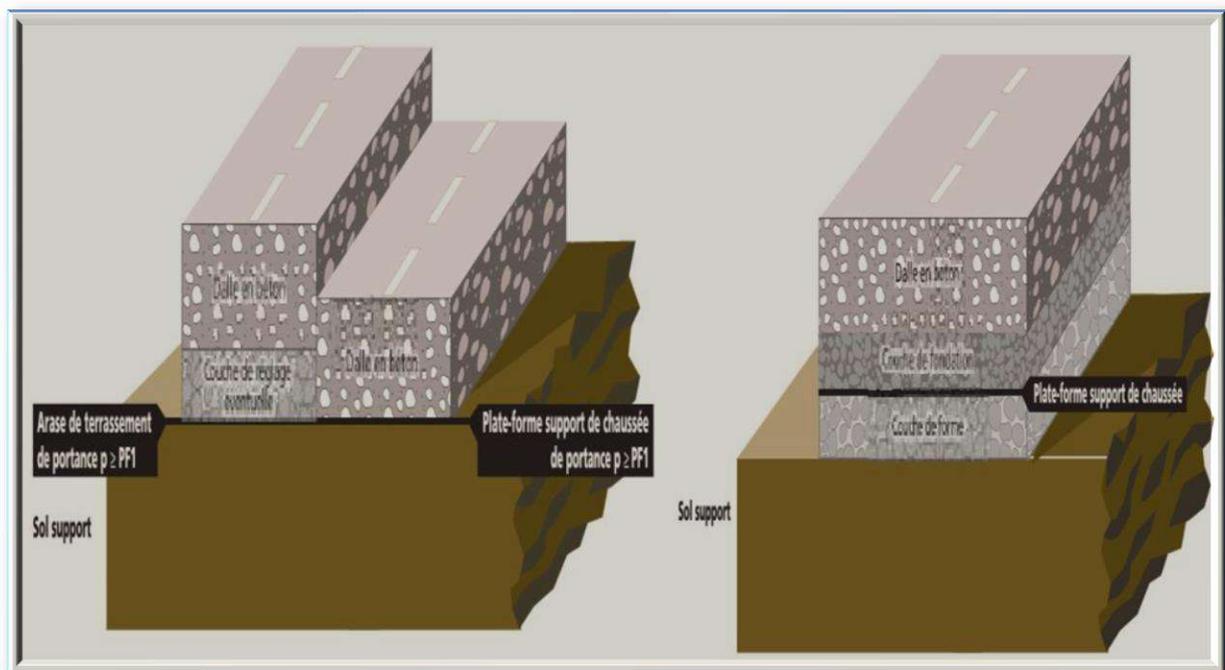


Figure 4-4 : Structure type d'une chaussée rigide

5. LES DIFFERENTS TYPE DES CHAUSSEES EN ALGERIE :

La figure ci-dessous recapitule les différentes corps de chaussées qui existe au territoire algérien.

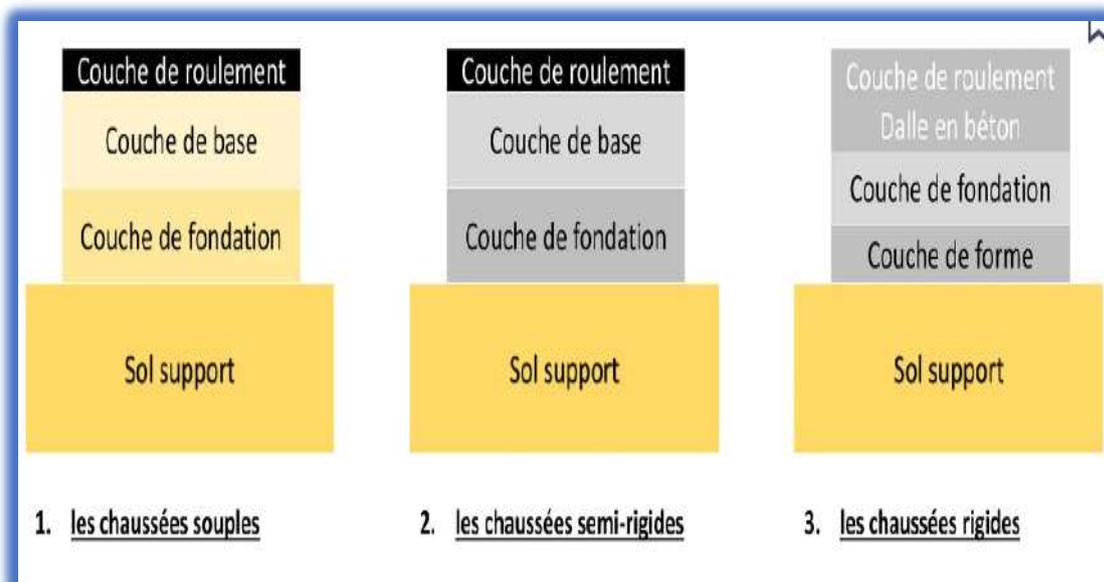
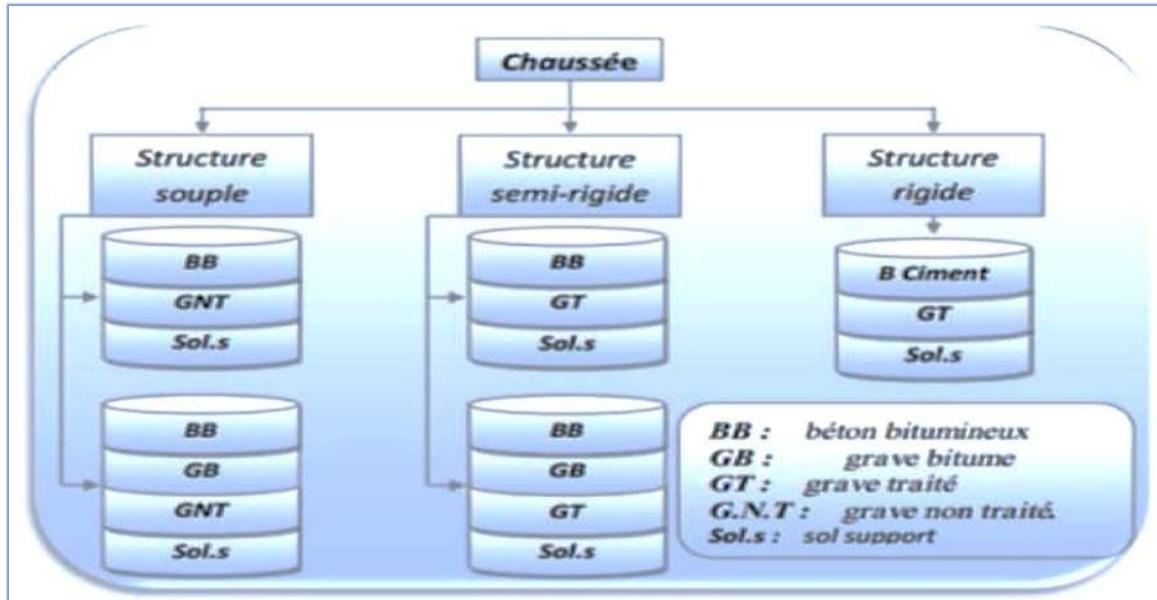


Figure 4-5 : Les différentes structures des chaussées

6- LES PARAMETRE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES :

Le dimensionnement d'une voie fait intervenir différents paramètres :

- La vocation de la voie.
- Le trafic poids lourds (PL).
- L'agressivité du trafic poids lourds (coefficient d'agressivité).
- La durée de service.
- Le classement géotechnique des sols supports naturels.
- L'état hydrique du sol support (sensibilité à l'eau) .
- Le type d'hiver et l'indice de gel.
- La vérification au gel/dégel.

7. LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENTIONNEMENT :

Pour la réalisation des chaussées il faut définir les matériaux à utiliser et faire le calcul de l'épaisseur de chaque couche. Il existe plusieurs méthodes de Dimensionnement mais toutes s'appuient sur trois paramètres fondamentaux :

7.1 - METHODE EMPIRIQUE (CLASSIQUES) : dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées (EX : méthode de Steel, méthode de l'aviation civil américaine, etc....).

7.2 - METHODE THEORIQUE «RATIONNELLES» basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées. (EX : Bousinessq, Burmister, Hogg, Jeuffroy, ...etc.).

7.3 - METHODE SEMI EMPIRIQUE :

Les plus utilisées sont :

- 1 - Méthode du catalogue des structures.
- 2 - La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).
- 3 - La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- 4 - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées.

- Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux Méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P

7.3.1 - La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio):

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

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

Avec :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{cm})$$

E_{eq} : épaisseur équivalente

I : indice CBR (sol support)

N année horizon : trafic PL/J/ SENS a la fin de la durée de vie = $N (PL\%) = TMJA n \times Z$

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

n : année de prévision .

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

\log : logarithme décimal

7.3.2 - Détermination des épaisseurs des couches :

L'épaisseur de la chaussée, obtenue par la formule CBR améliorée correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{eq} = \sum a_i \times e_i = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 \quad (\text{cm})$$

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où : a_1, a_2, a_3 : sont des coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

NB :

Bien que l'essai CBR est nécessaire lors d'une étude géotechnique il reste à lui seul **insuffisant** car cette méthode de dimensionnement ne prend pas compte de certains paramètres EXTERIEURS tel que (Influence de la température, sismicité de la zone...) d'autre essais s'ajoutes . **Quoi que cette méthode soit économique et de plus elle est la plus utilisée en Algérie.**

7.3.3 - Coefficient d' équivalence :

Les coefficients d'équivalence de chaque matériau sont mentionnés dans le tableau Suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton Bitumineux	2,00
Grave-Ciment, Grave-Laitier	1.5
Grave concassée	1.00
Grave sableuse (TVO)	0.75
Sable	0.50
Grave Bitume	1.20 à 1.70
Tuf	0.60
Sable-Ciment	1.20
Sable-Laitier	1.30

Tableau4-1.: *coefficients d'équivalence des matériaux*

7.4 – METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES (CTTP) :

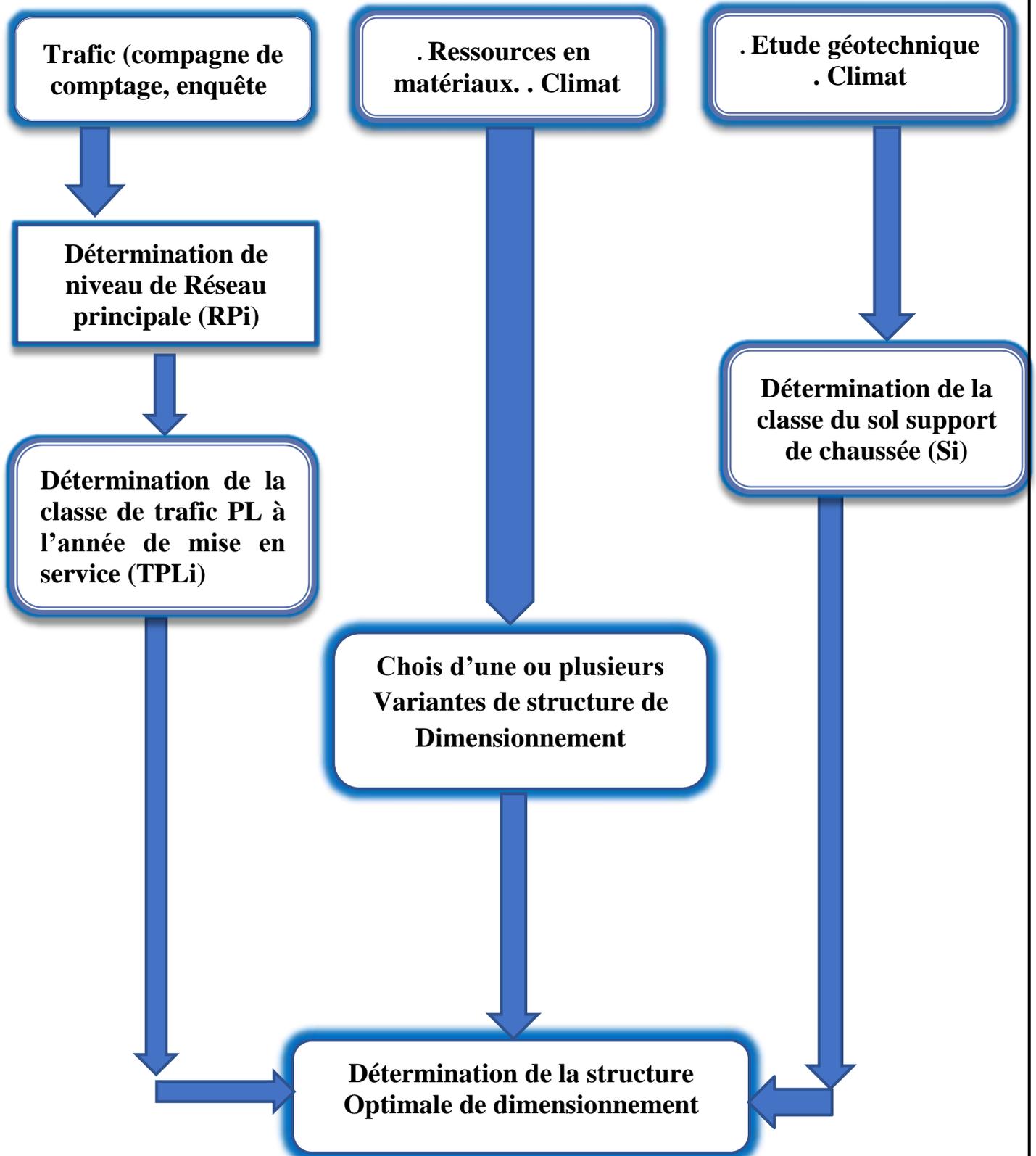
Afin de faciliter la tâche à l'ingénieur des routes, un manuel pratique de Dimensionnement d'une utilisation facile a été conçu, caractérisé par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques : (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristiques du sol, climat, matériaux).

- Matériaux : traité au bitume (Grave Bitume, Béton Bitumineux), grave non traité.
- Trafic : classé selon le nombre de PL/j/Sens à l'année de mise en service.
- Portance de sol support (Si) : selon l'indice CBR (voir tableau).
- Climat : l'Algérie est divisée en trois zones (humide, semi-aride, aride).

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

7.4 .1- La démarche du catalogue :



7.4.2 -Détermination du type de réseaux principaux RPi :

On a la classification des réseaux principaux suivante

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1 (RN, autoroute, CW.)	>1500
RP2 (RN, CW)	<1500

Tableau 4-2 : type de réseau principal

NB : Le réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP

Donc d'après le tableau notre réseau est du type : **RP1**

7.4.3- Détermination de la classe de trafic (TPLi) :

Les classes de trafic (TPLi) adopté dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre poids lourd par jour et par sens à l'année de mise en service.

On adopte les valeurs suivantes :

Chaussée **unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.**

Chaussées unidirectionnelles à **3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.**

Chaussées bidirectionnelles à **2 voies : 50% du trafic PL.**

Chaussées bidirectionnelles à **3 voies : 50% du trafic PL.**

Classe de trafic (TPLi)		RPi								
		TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7	
(PL/J/sens)	RP1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000	
	RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-	

Figure 4-6 : Classes TPLi

$$TJMA_{2025} = 6718v/j$$

Donc d'après le tableau notre réseau est du type : **RP1**

le pourcentage de poids lourd par sens :

$$PL = 34.45\% \approx 35\%$$

Chaussée unidirectionnelle de **2 voies**

Sachant que 90% du trafic poids lourds roule sur la voie de droite,

7.4.4- Calcul du trafic cumulé équivalent :

7.4.4.1- Calcul du trafic cumulé de poids lourds TCi :

La formule qui nous donne le trafic cumulé :

$$TCi = TPLi \times ((1+i)^n - 1/i) \times 365$$

En Algérie l'essieu de référence standard est l'essieu isolé à roues jumelée de 13 Tonnes.

Niveau de Réseau	Type de matériaux et structures	Valeur de A
Principal RP _i	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC.	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCG/GC	1

Tableau 4-3. : valeur des coefficients d'agressivité **A**

On a: **A= 0, 6**

$$TCE_{2040} = TC_{2040} \times A$$

7.4.5 - Détermination de la portance de sol support de chaussée :

7.4.5.1- Présentation des classes de portance des sols :

L'indice **CBR** mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Le tableau sous dessous regroupe les classes de portance des sols par ordre croissant de **S4** à **S0** cette classification sera également utilisée pour les sols supports de chaussée :

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

Tableau 4-4 : classe de portance des sols

7.4.5.2- Plages probables de portance des sols :

Selon B40 on classe les plages de portance du sol suivant sa nature comme il indique le tableau ci-dessous :

Familles de sols	Classification des sols USCS	Plages de portance probables
Argiles, Limons	CL, CH, ML, ML-CL	S4 - S2
Sables, Graves	SP-SC, SC, SM GP-GC, GC, GM	S3 - S0

Tableau 4-5 : les plages des portances du sol

7.4.5.3- Portance des sols tassés :

7.4.5.3.1 - Cas des sols sensibles à l'eau :

- **CBR imbibé à 4 jours** pour les zones climatiques I et II
- **CBR immédiat** pour les zones climatiques III et IV

7.4.5.3.2 - Cas des sols insensibles à l'eau :

Dans ce cas en parle au sol (sables et graves propres / sols grossiers) contient plus de 25% D élément supérieur a 20mm la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque, EV2.

La relation **CBR** /Module est donnée empiriquement par :

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

7.4.5.3.3 - Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (< S4 et S3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable.

La couche de forme va jouer le rôle de plateforme pour que les couches suivantes soient résistantes et permet un sur classement de sol support donc une amélioration de la portance du sol terrassé :

- Elle doit être drainante pour que l'eau ne reste pas sur les couches supérieures
- Elle est réalisée à une cote hors-gel pour ne pas subir des déformations lors des périodes de froid.

- Elle est constituée d'éléments de faible granulométrie pour éviter le poinçonnement de la couche de roulement.

Portance du sol	Matériaux de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
< S ₄	Non traité	50cm(en 2 couches)	S ₃
S ₄	Non traité	35 cm	S ₃
S ₄	Non traité	60 cm (en 2couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40 cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	70 cm (en 2 couches)	S ₁

Tableau 4-6 : *Choix de la couche de forme*

Matériaux non traités MNT : c'est les graves naturelle propre (TVO, TVC, TUF), et les Matériaux locaux.

- Dans cette méthode on calcule les déformations et contraintes sous l'effet d'une roue jumelée du demi-essieu de 13 tonnes, il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation et le Trafic cumulé de poids lourds au 15^{ème} année.

7.5 – DETERMINATION DE LA ZONE CLIMATIQUE

L'Algérie, en plus de ces paramètres a introduit la notion des zones climatiques qui se définissent suivant la hauteur moyenne des précipitations annuelles **H** comme suit :

Zone I : Méditerranéenne humide $H \geq 600$ mm/an

Zone II : Méditerranéenne subhumide $350 \leq H < 600$ mm/an

Zone III : Semi-aride ou steppique $100 \leq H < 350$ mm/an

Zone IV : Aride ou désertique $H < 100$ mm/an

Où **H** désigne la hauteur moyenne des précipitations annuelles.

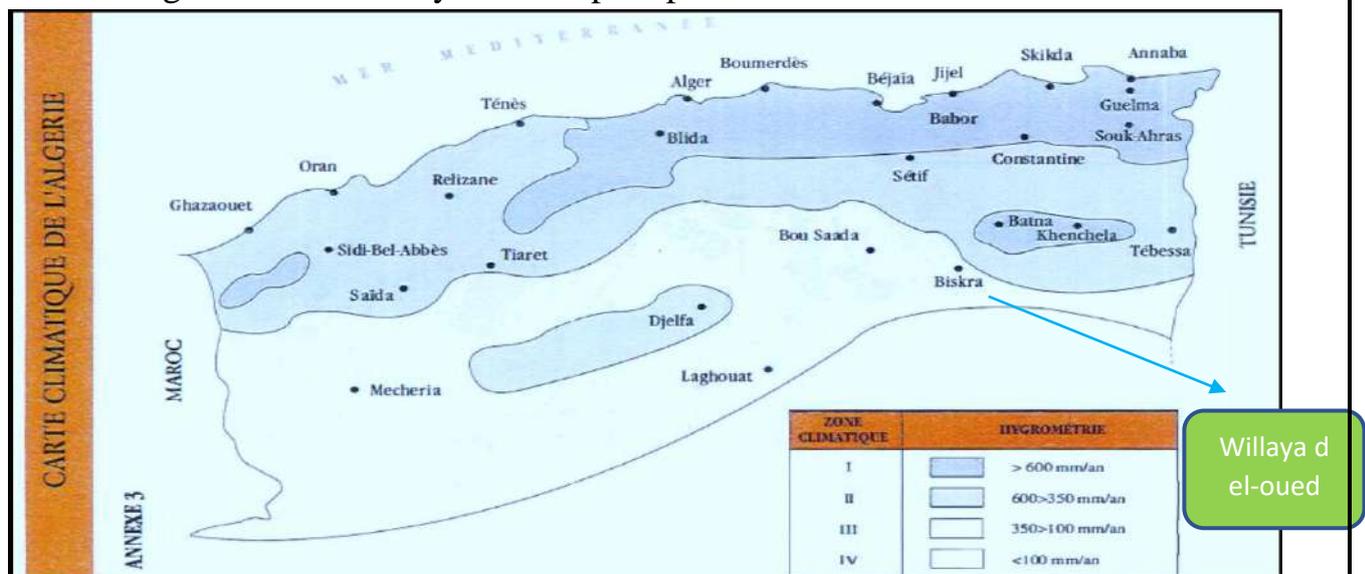


Figure:4-7. Carte climatique de l'Algérie

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**.

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 4-7 : classification climatique.

8 - APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes qui sont la méthode dite CBR et la méthode C.T.T.P.

Les données mises à notre disposition sont :

Année de mise en service : 2020,

- TJMA 2014 = 4196 v/j (donné par le client DTP EL OUED)
- TJMA 2025 = 6718 v/j
- Durée de vie 20 ans
- Le taux de croissance est de 4 %
- Pourcentage du poids lourd est 34.45% = 35%

Route unidirectionnelle à deux voies :

$TPL_{2020} = 0.90 \times 0.3445 \times (5309/2) = 824$ Pl/j/s/voie la plus chargée

- CBR = 10 (Donnée par le DTP d'El-oued au rapport géotechnique).

Méthode CBR :

$$TJMA_{2025} = (1 + 0.04)^{12} \times 4196 = 6718 \text{ (V/J)}$$

$$PL_{2025} = 6718 \times 0.35 = 2351 \text{ (PL/J)}$$

$$PL_{2045} = 2351 \times 0.9 \times 0.5 \times (1 + 0.04)^{20} = 2318 \text{ (PL/J/sens)}$$

I_{CBR} : Indice CBR = 10

P : charge par roue ; P = 6.5 t P : charge par essieu ; P = 13 t

N : désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide = 2318 (PL/J/sens)

Calcul de l' épaisseur équivalente :

$$\text{On a : } E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \text{LOG} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \text{LOG} (\frac{2318}{10}))}{10 + 5} = 39.51 \approx 40 \text{ (cm)}$$

Lorsque le corps de chaussée est composée par des différents matériaux, on utilise les coefficients d'équivalence de chaque matériaux :

$$E_{eq} = \sum a_i \times e_i = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 \quad (\text{cm})$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement (BB) $a_1 = 2 = 6 * 2 = 12 \text{ cm}$

Couche de base (GB) $a_2 = 1.5 = 12 * 1.50 = 18 \text{ cm}$

Couche de fondation (SG) $a_3 = 0.75 = 22 * 0.75 = 16.5 \text{ cm} \approx 17$

DONC on a $E_{eq} : : 12(\text{BB}) + 18(\text{GB}) + 17 (\text{SG}) = 47\text{cm}$

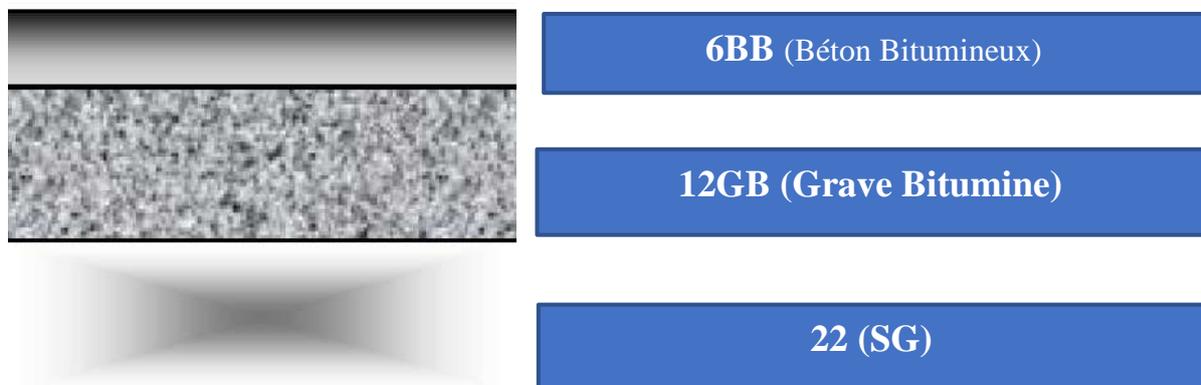
C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de : $6 (\text{BB}) + 12 (\text{GB}) + 22 (\text{SG}) = 40 \text{ cm}$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient D'équivalence (ai)	Épaisseur Équivalente (cm)
BB	6	02	12
GB	12	1,5	18
SG	22	0,75	17
TOTAL	40		47

Tableau 4-8 : résultat de dimensionnement par la méthode CBR

CBR = 10 (Donnée par le DTP d'El-oued au rapport géotechnique)

Notre structure comporte : **6BB + 12GB + 22 SG**



METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

DETERMINATION DE TYPE DE RESEAU PRINCIPAL :

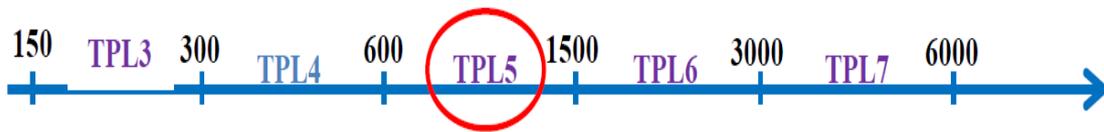
TJMA2025 >1500v/j réseaux principal "RP1"

6718 (V/J) >1500v/j



Détermination de la classe de trafic :

$TPL_i = 6718 \times 0.35 \times 0.5 \times 0.9 = 1058 \text{ pl/j/sens./}$



DETERMINATION DE LA PORTANCE DE SOL-SUPPORT DE CHAUSSEE (Si) :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0

Classes de sol support et surclassement							
Portance Si	CBR	E (MPa)	v		Classe de Portance du sol Si	Epaisseur de couche de forme (cm)	Nouvelle Classe de Portance du sol Sj
S4	<5	<25	0.35		< S4	50	S3
S3	5-10	25-50	0.35		S4	35	S3
S2	10-25	50-125	0.35		S4	60	S2
S1	25-40	125-200	0.35		S3	40	S2
S0	>40	>200	0.35		S3	70	S1
					S2	40	S1

Tableau 4-9 : les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0

On A L'indice de projet : **CBR = 10**

$E(\text{MPa}) = 5 * \text{CBR} = 10 * 5 = 50\text{MPa}$

L'ordre de portance de sol suivant l'abaque ci-dessous : **S2**

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule3) propose la structure Suivante :

Fiche de structure GB/GNT. Zone climatique III. Durée de vie 20 ans. $\tau = 4\%$. RP1

		S2	S1	S0
TPL5 600-1500	Roulement		6 BB	6 BB
	Base		12 GB	10 GB
	Fondation		35 GNT	20 GNT
TPL4 300-600	Roulement		6 BB	6 BB
	Base		10 GB	10 GB
	Fondation		30 GNT	15 GNT
TPL3 150-300	Roulement		6 BB	6 BB
	Base		10 GB	10 GB
	Fondation		20 GNT	15 GNT

Epaisseurs de mise en œuvre GB (min=10, max=15), GNT (min=15, max=25).

Tableau 4-10 : Fiche de structure Suivant (fascicule3)

Avec une couche de forme en SABLE GYPSEUX : SG = 40 cm (en deux couches)
[Fascicule 1] D'après le sur classement de sol.

LES CHOIX DE DIMENSIONNEMENT PAR LA METHODE DU CATALOGUE NOUS DONNE :

(6BB + 12GB + 35GNT)

ET Pour passer du support S2 au support S1 il faut prévoir

40 cm de SG (EN 2 COUCHE)

D'après la fiche structure, on choisir :

(6BB + 12GB + 35GNT)



L'APPLICATION DES DEUX METHODES NOUS DONNE LES RESULTATS SUIVANTS :

C.B.R	C.T.T.P
6BB + 8GB + 22 SG	6BB+12GB+35GNT + 40cm de SG (EN 2 COUCHE)

Tableau 4-11 : récapitulatif les résultats de dimensionnement du corps de chaussée

9.- CONCLUSION :

D'après notre calcul suivant les données du projet en remarque que l'épaisseur du corps de chaussée donnée par la méthode CBR est inférieure à celle donnée par la méthode du catalogue (Tableau 4-11). Donc, pour des raisons de sécurité, on adopte pour notre projet la structure du corps de chaussée ayant la plus grande épaisseur, à savoir, celle de la méthode du catalogue :

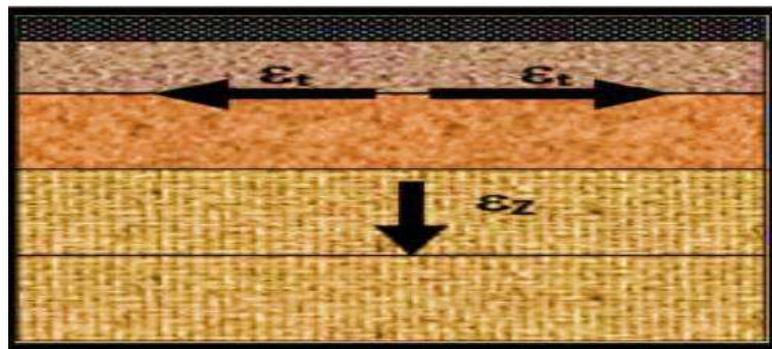
(6 BB + 12 GB + 35 GNT + 40 SG).

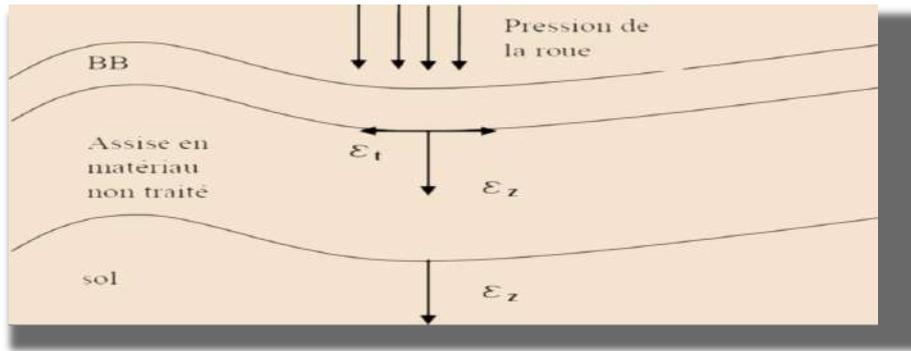
10- VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT :

Il faut vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide du logiciel d'alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculée c'est-à-dire respectivement a ϵ_t (pour les matériaux traités aux liants bitumineux) et les déformations verticales ϵ_z (pour la plateforme support et pour les couches non traitées)

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,ad} \text{ et } \epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$$

$$\sigma_t < \sigma_{t,ad} \text{ et } \epsilon_z < \epsilon_{z,ad}$$





Fonctionnement d'une chaussée souple

Les données :

Température équivalente Q_{eq} (°C) et zone climatique			
30°C zone IV	25°C Zone III	20°C Zone I et II	10°C

Tableau 4-12 : Températures équivalents Θ_{eq}

NAUTRE PROJET : zone climatique III = Températures équivalents $\Theta_{eq} = 25^\circ$

CLASSE DU TRAFIC TPLi	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
CHAUSSEES SOUPLE (GB / GNT) (GB/GB)	25	25	20	20	15	10	5	2

Tableau 4-13: Risque adoptés pour réseau RP1

NAUTRE PROJET : TPL5 \longrightarrow R % = 10

NB : TPLi

Risque r %	25	20	15	12	10	5	2
Fractile t	-0.674	-0.842	-1.036	-1.175	-1.282	-1.645	-2.054

Tableau 4-14 : Valeurs du fractile $t=f(r\%)$

NOTRE PROJET : Risque : r% = 10 \longrightarrow t = -1.282

C : coefficient égal à \longrightarrow C = 0.02

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1

Tableau 4-15 : Coefficient d'agressivité du trafic A

NOTRE PROJET : RP1(réseau principal) \longrightarrow **A = 0.6**

Matériau (MTB)	E(10°,10HZ) (MPa)	E(25°,10HZ) (MPa)	ε_6 (10°c,25hZ) 10-6	-1/b	SN	SH (Cm)	Kc Calage	N
BB	-	3500	-	-	-	-	-	0.35
GB	12500	5500	100	6.84	0.45	3	1.3	0.35

Tableau4-16 : Performances mécaniques des matériaux traités au bitumineux

Il faudra vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'Alize Lcpc, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\varepsilon_{t, adm}$ et $\varepsilon_{z, adm}$. Pour cela on aura d'après le Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves et les tableaux ci-dessus on récapitule les paramètres suivants :

- Classe de trafic (**TPL5**).
- Risques adoptés pour réseau **RP1 (r%=10)**.
- Fractile de loi normale, en fonction du risque adopté (**t**) = **-1.282**
- Coefficient en fonction du « RP1 » (**A = 0.6**)
 - Coefficient égal **C = 0.02**
- **E (θ_{eq} ,10HZ)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée, égal à **3500 MPa**
- **E (10° ,10HZ)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°, égal **12500 MPa**

Calcul de déformation admissible sur le sol support :

1) - Le trafic cumulé équivalent essieux 13 t : TCEi

$$TCEi = TCI * A = TPLi * 365 * \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} * A$$

$$TCEi = 1058 * 365 * \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} * 0.6 = 6899640.36$$

$$TCEi = 6.9 * 10^6 \text{ PL/ Sens}$$

NB : TCI = TRAFIC CUMULE DE POIDS LOURD

$$TCI = TPLi * 365 * \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} = 1058 * 365 * \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = 11.94 * 10^6 \text{ PL/J/Sens}$$

Calcul de la déformation admissible au niveau du sol support :

$$\varepsilon_{z.adm} = 22 * 10^{-3} * (TCEi)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z.adm} = 22 * 10^{-3} * (6.9 * 10^6)^{-0.235} = 543.62 * 10^{-6}$$

Calcul de la déformation admissible pour les matériaux bitumineux :

$$\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) * Kne * K\theta * Kr * Kc$$

Avec :

$$\varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) = 100 \times 10^{-6}$$

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

$$Kne = \left[\frac{TCEi}{10^6} \right]^b \quad \text{avec } -1/b = 6.84 \text{ et } b = -1/6.84 \quad b = -0.146$$

D'où : $Kne = 0.75$

K θ facteur lié à la température

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(Qeq, 10\text{Hz})}} = \sqrt{12500/3500} = 1.89$$

Kr : facteur lié au risque et aux dispersions :

$$Kr = 10^{-tb\delta}$$

$$Kr = 10^{-(-1.282 \times (-0.146) \times 0.61)} = 0.77$$

t : facteur de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r %) :

On a : $TPL 5 \Rightarrow r = 10 \% \quad t = -1.282$

$$\delta : \text{fonction de dispersion} \quad \delta = \sqrt{SN^2 + \left[\frac{c}{b} * Sh \right]^2}$$

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + \left[\frac{0.02}{-0.146} * 3 \right]^2} = \delta = 0.61$$

Sh : dispersion sur les épaisseurs en (cm) égal 3 cm.

C : coefficient égal à 0.02

SN : dispersion sur la loi de fatigue égal 0.45

Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussée **égal 1,3**

Donc on a : $\varepsilon_{t, adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) * K_{ne} * K_{\theta} * K_r * K_c$

$$\varepsilon_{t, adm} = 100 * 10^{-6} * 0.75 * 1.89 * 0.77 * 1,3$$

$$\varepsilon_{t, adm} = 141.89 * 10^{-6}$$

11- VERIFICATION DE LA STRUCTURE AVEC ALIZE lpc :

Après la vérification de la structure donnée par le catalogue de dimensionnement des Chaussées neuves d'où la structure proposé est (06 BB +14 GB +35 SG) +40TVO, après vérification avec ALIZE Lpc ; la modélisation de la structure sera comme suit :

	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	10	350		0.25
Couche fondation GNT	25	350		0.25
Couche forme TVO	20	312.50	2.5	0.25
Couche forme TVO	20	125	2.5	0.25
Sol support (S4)		50		0.35

TABLEAU 4-17 : Tableau de Modélisation

LES DEFORMATION A CALCULEE

$$\varepsilon_{z, adm} = 543.62 * 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t, adm} = 141.89 * 10^{-6}$$

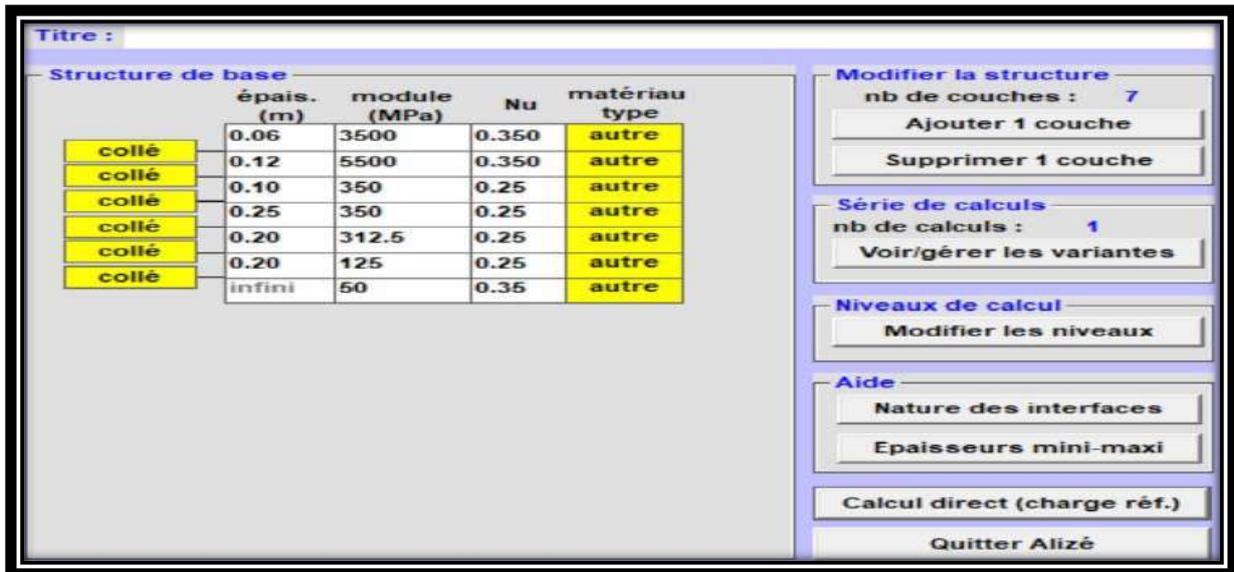


TABLEAU 4-18 : la modélisation de la structure par ALIZE Lcpc

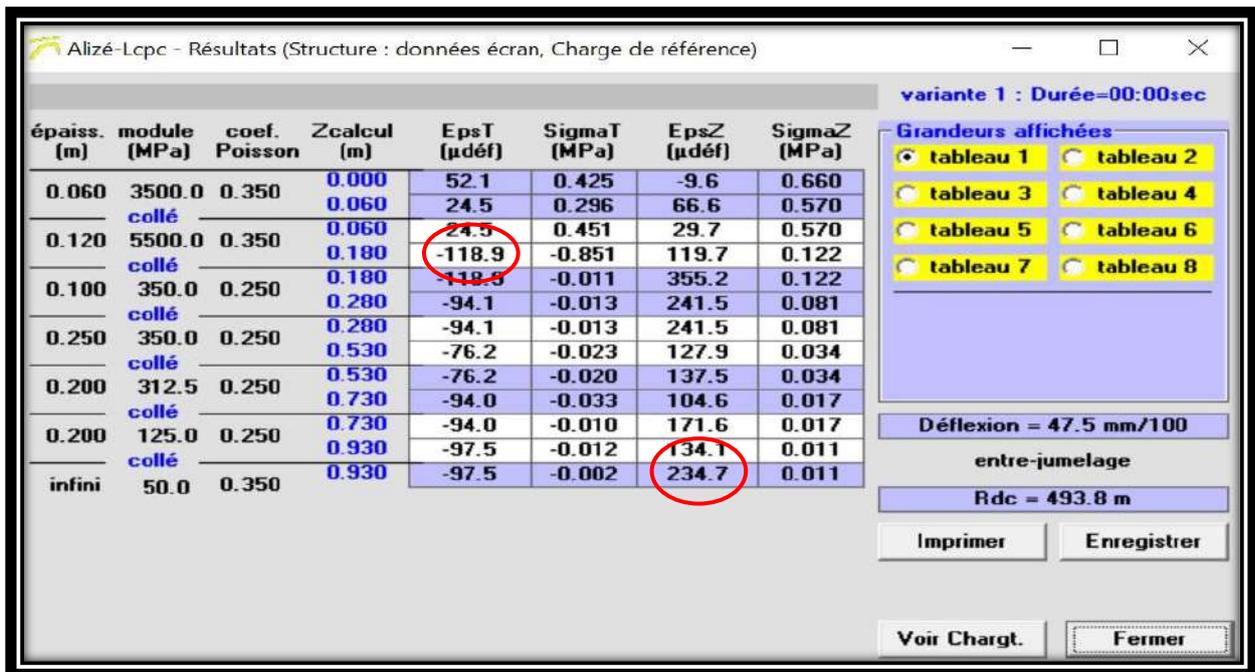


TABLEAU 4-19 : Calculés de déformation avec le logiciel ALIZE LCPC

(Condition vérifiée) $\epsilon_Z = 234.70 \times 10^{-6} < \epsilon_Z. adm = 543.62 \times 10^{-6}$
 (Condition vérifiée) $\epsilon_T = 118.90 \times 10^{-6} < \epsilon_T. adm = 141.89 \times 10^{-6}$

$\epsilon_Z < \epsilon_Z. adm$ et $\epsilon_T < \epsilon_T. adm$

12 - CONCLUSION

Dimensionnement	Structure de la chausse du projet
Méthode de catalogue algérien (CTTP)	(06 BB +12 GB +35 GNT) +40 SG

TABLEAU4-20 : Structure de la chaussée qu'on applique dans le projet

NB :

Nous remarquons que les deux conditions ($\epsilon_t < \epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$) sont Vérifiées, ce qui signifie que notre dimensionnement est juste, et ce dernier permettra l'évitement aux lignes d'influence des charges engendrées par le passage des poids lourds d'a teindre le sol support, et donc sa non déformation.

CHAPITRE V

ETUDE GEOMETRIQUE

1. INTRODUCTION

2. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

2.1- Implantation des stations

2.2- Le cheminement des stations

2.3- Le levé topographique

3. CARACTERISTIQUES ROUTIERES

3.1- TRACÉ EN PLAN

3.1.1 REGLE A RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN

3.1.2- LE CHOIX DU NOUVEAU TRACE SE BASE SUR LES PARAMETRES SUIVANTS

4. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

4.1- Alignement droite

4.1.2- Règles concernant la longueur des alignements

4.1.3 Arc de cercle

4.1.4- Stabilité en courbe

4.1.4.1- Rayon horizontal minimal absolu

4.1.4.2- Rayon au dévers minimal

4.1.4.3- Rayon minimal non déversé

4.1.4.4 - Rayon minimal normal (RHn)

5 - APPLICATION AU PROJET

6 - VISIBILITE EN COURBE

7 – DISTANCE DE VISIBILITE

8 – SUR LARGEUR

9 - LES COURBES DE RACCORDEMENT

9.1- Type de courbe de raccordement

9.1.1-Parabole cubique

9.1.2- Lemniscate

9.1.3- Clothoïde

9.2- Choix de la courbe de raccordement

10- ELEMENTS DE LA CLOTHOIDE

10.1 - Condition de confort optique

10.2 - Condition de confort dynamique

10.3- Condition de gauchissement

10.4 - Calcul de la clothoïde

10.5 - Règle générale (B40)

11 - COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

11.1 - Courbe en S

11.3 - Courbe en ovale

11.4 - Courbe a sommet

11.5 - Notion de ripage

11.6- DEFINITION DE DEVERS

11.6.1 - Calcul des dévers

- 11.6.2 - Type des dévers
 - 11.6.2.1 - Devers en alignement
 - 11.6.2.2 - Devers en courbe
- 11.7 - Rayon de courbure
- 11.8 - Raccordement de dévers
- 12 – APPLICATION AU PROJET
- 13 - PROFIL EN LONG
 - 13.1 - Définition :
- 14 – CONDITION A RESPECTER DANS LE TRACE D LIGNE ROUGE
 - 14.1 - Eléments constitutifs de la ligne rouge :
 - 14.1.1 -Déclivité :
 - 14.1.1.1 -Déclivité minimale
 - 14.1.1.2 -Déclivité maximale
- 15 – COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG
 - 15.1 -Raccordement en profil en long
 - 15.1.1 -Raccordements convexes (angle saillant)
 - 15.1.1.1 - Condition de confort
 - 15.1.1.2 - Condition de visibilité
 - 15.1.1.3 - Condition de confort du profil en long
 - 15.1.2 - Raccordement concave du profil en long (angle rentrant)
 - 15.1.2.1 - À condition esthétique
- 16 - APPLICATION AU PROJET
 - 16.1 - Angle saillant
 - 16.2 - Rayon angle rentrant
- 17 - PROFIL EN TRAVERS
 - 17.1 - DEFINITION
 - 17.2 - DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS
 - 17.2.1 - Profil en travers type
 - 17.2.2 - profil en travers courants
- 18 - LES ELEMENTS DE COMPOSITION DES PROFILS EN TRAVERS
- 19 - APPLICATION SUR NOTRE PROJET
- 20 – CONCLUSION
- 21 - CUBATURE :
 - 21.1 - INTRODUCTION
 - 21.2 - DEFINITION
 - 21.3 - CUBATURES DES TERRASSEMENTS
 - 21.4 - METHODE DE CALCUL DES CUBATURES
- 22 – CONCLUSION
- 23 - MOUVEMENT DES TERRES
- 24 -TRANSPORT DES TERRES
 - 24.1 -Transports transversaux
 - 24.2 - Transport longitudinal
- 25 - EPURE DE LA L'ANNE
- 26 - ETABLISSEMENT DE L'EPURE DE LA L'ANNE
- 27 - RESULTA DES CALCULS CUDATURES

CHAPITRE V

ETUDE GEOMETRIQUE

1. INTRODUCTION :

Afin d'éviter tout dérapage, d'assurer le confort, la sécurité et une bonne visibilité au conducteur, une étude géométrique est nécessaire. Plusieurs éléments permettent de caractériser la géométrie d'une route, dont le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

2. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES :

Le levé topographique est impératif, pour les raisons suivantes :

- Le levé topographique représente la forme du sol et des détails qui s'y trouvent, Donc il reflète la réalité du projet tel qu'il est avant dédoublé.
- Le nivellement, partie nécessaire du levé, qui permet de donner une cote exacte des points dans chaque profil.
- Il permet la correction des devers (soit en courbe ou en alignements).
- Il permet de justifier les travaux de reprofilage et de correction de l'uni.
- Il permet d'avoir un devis quantitatif plus exact.

2.1- Implantation des stations :

Celles-ci sont matérialisées par des piquets bétonnés enfoncés dans le sol. Leur enfoncement se fait de telle manière à dominer le plus long possible le tracé sur une bande de 150 à 2 50 m et parfois plus. Le nombre de stations est de plus de 82 stations.

2.2- Le cheminement des stations :

Le cheminement des stations se fait sous forme d'une polygonale fermée par l'intermédiaire des points polygonaux pour déterminer les coordonnées fictives X, Y, Z de chaque station qui Serviront de base pour l'élaboration de l'étude.

2.3- Le levé topographique :

Il consiste à relever le maximum des points caractérisant le changement du relief, sous forme de profils perpendiculaires au l'axe de la route projeté, sur une bande allant de 150 m à 250 m de part et d'autre de ce dernier.

Au niveau des routes existantes, le profil du levé est constitué par un minimum de dix (10) Points. Ces points sont choisis de la façon suivante :

- Deux points repérant exactement les bords de la chaussée,
- Deux points délimitant la limite des accotements,

➤ Deux points délimitant la plateforme existante, Ceci étant le strict minimum, mais certains profils sont composés de plusieurs autres points afin de repérer l'un ou plusieurs des éléments suivants : un changement de pente de terrain, de thalweg, un poteau téléphonique ou électrique, un ouvrage quelconque tel qu'un mur de clôture, construction, piste, un chemin faisant intersection avec la route, etc...

En agglomération tous les détails possibles sont relevés tels que l'éclairage public, regards, trottoirs, constructions, intersection.

3. CARACTERISTIQUES ROUTIERES :

3.1- TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué par une succession d'alignement droit et l'arc de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif ; dite des arcs de clothoïde.

3.1.1 REGLE A RESPECTE DANS LE TRACÉ EN PLAN :

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

- Respecter les normes de la ARP (l'aménagement des routes principales).
- Appliquer les normes du B40 si possible.
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).

3.1.2- LE CHOIX DU NOUVEAU TRACE SE BASE SUR LES PARAMETRES SUIVANTS :

- Le coût de construction.
- L'équilibre du terrassement (déblai, remblai).
- La préservation de la terre agricole et de grande valeur et les surfaces boisées.

- Le respect des différents secteurs (urbanisme, réseaux, hydraulique, lignes électriques...)

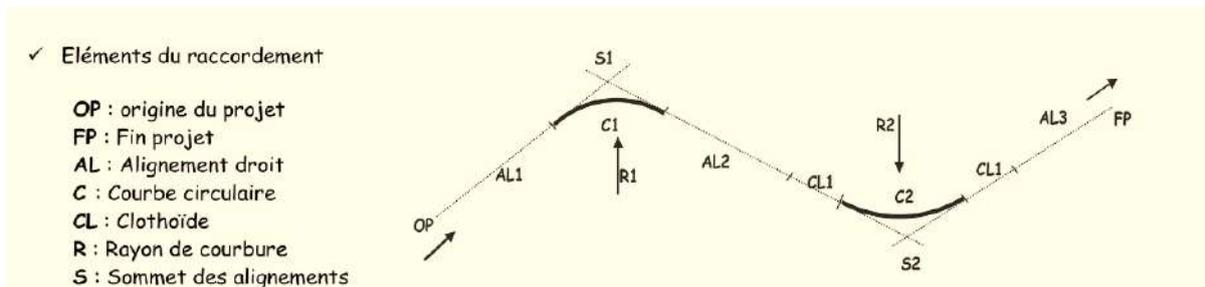


Figure 5-1 : Les éléments du raccordement

4. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

4.1- Alignement droite :

La droite est l'élément géométrique le plus simple, mais les grands alignements droits sont déconseillés.

4.1.2- Règles concernant la longueur des alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes Circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

$$L_{min} = 5 * \frac{VR}{3.6} \longrightarrow 5 * \frac{80}{3.6} = 111.11m$$

VR : vitesse de base en km/h.

Une longueur maximale L_{MAX} est prise égale à la distance parcourue pendant soixante secondes (60s).

$$L_{max} = 60 * \frac{VR}{3.6} \longrightarrow 60 * \frac{80}{3.6} = 1333.33m$$

4.1.3 Arc de cercle :

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

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

On essaie de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

4.1.4- Stabilité en courbe :

Le véhicule dans un virage subit une force dite force de centrifuge qui aurait dus à La déstabiliser, afin de réduire cette force on incline la chaussée transversalement vers L'intérieure du virage d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

4.1.4.1- Rayon horizontal minimal absolu :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal comme suit :

$$RH \text{ min} = \frac{VR^2}{127*(ft+dmax)}$$

ft : coefficient de frottement transversal → **ft = 0.13**
 dmax : devers maximal → **dmax = 0.07**

V _B (km/h)	40	60	80	100	120
ft(C1.C2)	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10
ft(C3-4-5)	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11

Tableau5-1 : Coefficient de frottement transversal

V(Km/h)	dmax (%)
Cat 1-2	7%
Cat 3-4	8%
Cat 5	9%

Tableau5-2 : divers maximum (**d max**) correspond le rayon minimum absolu **RHm**. Avec :

Donc on aura : $RH \text{ min} = \frac{80^2}{127*(0.13+0.07)} = 251.96 \text{ m} = \mathbf{252.00m}$

4.1.4.2- Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées Vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse VB serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en Alignement droit. Le dévers associé dmin = 2,5% en catégorie 1. 2 et 3% en catégorie 3 et 4.

$$RHd = \frac{VR^2}{127*(2*dmin)}$$

$$dmin = 2.5\% \longrightarrow \text{Cat 1-2}$$

$$dmin = 3\% \longrightarrow \text{Cat 3-4}$$

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

4.1.4.3- Rayon minimal non déversé :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée Pour un véhicule parcourant à la vitesse VB une courbe de dévers égale à dmin vers l'extérieur reste inférieure à la valeur limitée.

$$RH Nd = \frac{VR^2}{127*(f' - dmin)}$$

$$f' = 0.06 \quad \text{catégorie 1-2}$$

$$f' = 0.07 \quad \text{catégorie 3}$$

$$f' = 0.075 \quad \text{catégorie 4-5}$$

$$\text{donc on a ; } RH Nd = \frac{80^2}{127*(0.06 - 0.025)} = 1439.82 \text{ m}$$

4.1.4.4 - Rayon minimal normal (RHn) :

Le rayon minimal normal sert de sécurité aux véhicules roulant à une vitesse qui Dépasse VB de 20 km/h.

Dans tous les cas pratiquement chaque catégorie associée a un devers réel :

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

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

$$RH N = \frac{(VR+20)^2}{127*(ft+dmax)}$$

$$RH N = \frac{(80+20)^2}{127*(0.13+0.04)} = 463.17 \text{ m}$$

5 - APPLICATION AU PROJET :

C'est un tracé neuf (en double voies) relie deux routes nationales de grand trafic à savoir la route national N°=48 et la route national N°=16, tout en assurant la liaison avec AEROPORT et l'évitement de la ville d'EL OUED, on distingue que le catégorie est C1 tandis que l'environnement et E1, VR = 80 KM/H , selon B40 on peut récapitulée les rayon dans le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	VR	80
Rayon horizontal minimal absolu (RH min)	(7%)	252.00m
Rayon au dévers minimal (RHd)	(2.5%)	1007.87 m
Rayon minimal non déversé (RH Nd)	(-2.5%)	1439.82 m
Rayon minimal normal (RHN)	(5%)	463.17 m

Tableau5-3 : recapitule les rayons du tracee en plan

NB : Eviter des rayons faibles isolés (en fait, l'effet de surprise peut causer des accidents).

6 - VISIBILITE EN COURBE :

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon De virage et cela pour but d'éliminer tous les obstacles.

La longueur de dérasement est définie comme suivant:

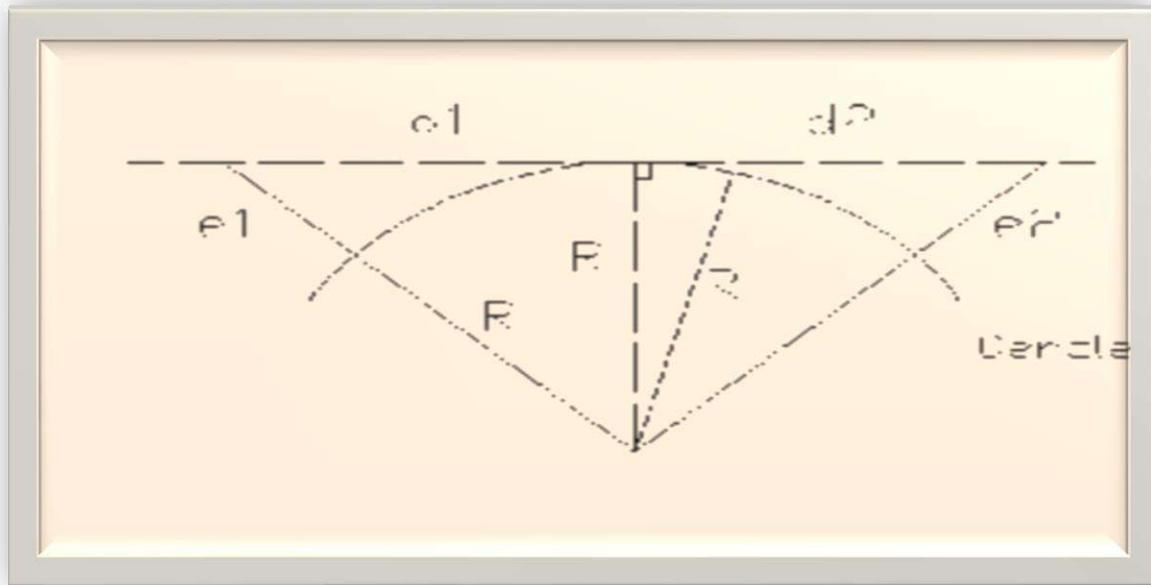


Figure 5-2 : distance de visibilité en courbe

$$(R+e1)^2=d1^2+R^2$$

7 – DISTANCE DE VISIBILITE :

$$d = d1 + d2$$

si $d1=d2=d/2$ et

$$e1=e2=e$$

$$(d/2)^2+R^2=(R+e)^2$$

$$\longrightarrow \frac{d^2}{4} = 2 Re$$

$$\longrightarrow d^2 = 8Re$$

e^2 est négligeable devant Re

Le calcul est le même pour une courbe à gauche dans le cas des voies à chaussées Séparées en intégrant l'éventuel masque que pourrait constituer le dispositif de retenue.

8 – SUR LARGEUR :

Un long véhicule à 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. Et ça avec la formule suivante :

$$S = L^2 / 2R$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10m$)

R : rayon de l'axe de la route dans tous les cas le rayon ne doit pas dépassée 200M

9 - LES COURBES DE RACCORDEMENT :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc Prévoir des raccordements à courbure progressifs qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbure lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela pour assurer :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, et esthétiquement satisfaisant.

9.1- Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes Suivantes :

9.1.1-Parabole cubique : est définie par l'équation suivante : $y = c.x^3$, elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).

9.1.2- Lemniscate : est définie par l'équation : $K.F = (1/R)$, sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F.

9.1.3- Clothoïde : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continué des 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.

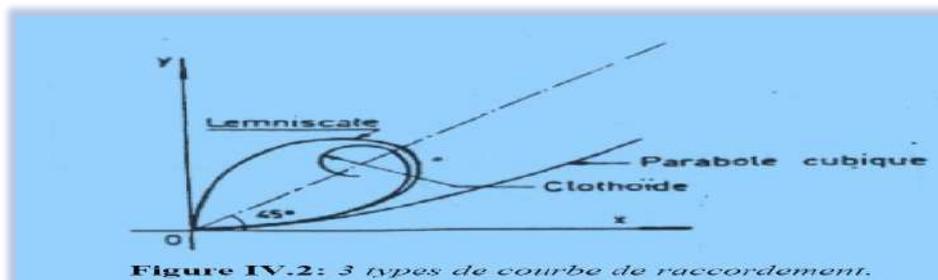


Figure 5-3 : Les 3 types de courbe de racordement

9.2- Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées auparavant la courbe de raccordement qu'on a choisi Pour notre tracé est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéale et la plus utilisée, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

- Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.
- Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

- Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

10- ELEMENTS DE LA CLOTHOÏDE :

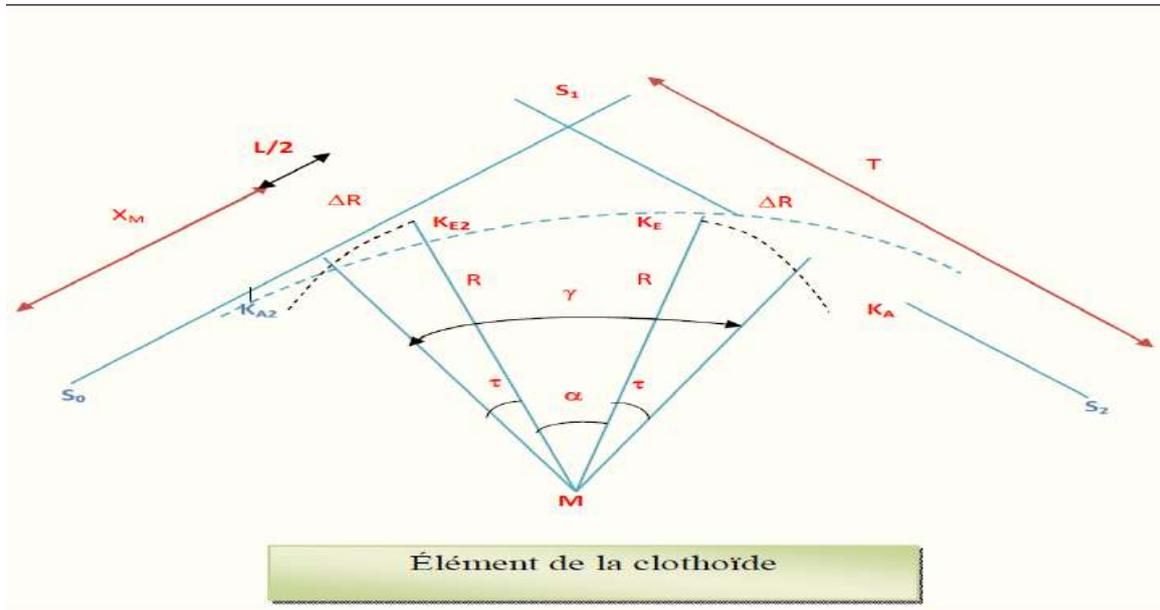


Figure 5-4 :Les élément de la clothoïde

γ : Angle entre alignement

SL : La corde à la clothoïde

T : Grande tangente

B : L'angle polaire

ΔR : Ripage

L : longueur de clothoïde

X_M : Abscisse du centre de cercle

K_A : début de clothoïde

R : Rayon de virage

K_E : Fin de clothoïde

τ : Angle de tangente

L'expression de la clothoïde est définie comme suit : $A^2 = L \cdot R$

Le choix du paramètre A de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permet de fixer la longueur minimale de raccordement qui sont :

10.1 - Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3°.

$$A_{\min} = R/3$$

$$R/3 < A < R$$

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

$$= L/2R > 1/18 \text{ rads} \longrightarrow$$

$$L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

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

10.2 - Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, elle est imposée à une variation limitée.

D'où :

$$L \geq \frac{VR^2}{18} * \left[\frac{Vr^2}{127 * R} - \Delta d \right]$$

Tel que :

Vr : vitesse de référence (km/h).

R : rayon (m).

Δd : variation des dévers (%).

10.3- Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot Vr$$

Tel que :

l : distance axe de rotation –bord de chaussée

L : longueur d'accordement

Δd : variation des dévers (d courbe circulaire – d alignement) d align = - 2.5

Vr : vitesse de référence Km/h

10.4 - Calcul de la clothoïde :

10.5 - Règle générale (B40) :

Pour tous $R \leq 1500\text{m}$

Le ripage $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement $0,5\text{m}$ pour les rayon $< 192\text{m}$) et $L = \sqrt{24R\Delta R}$

Pour tous $1500 < R < 5000\text{m}$

$\Delta R = 2.5\text{m}$

$\longrightarrow L = R/9$ ($\tau = 3^\circ$)

Pour $R > 5000\text{m}$ ΔR Limité à $2,50\text{ m}$ soit

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

11 - COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Suivant les éléments de trace en plan nous donnera plusieurs types de courbe :

11.1 - Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde.

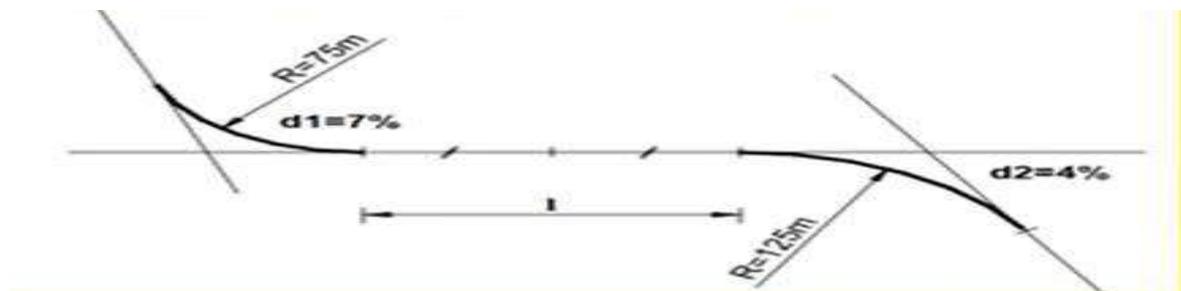


Figure5-5 : Courbe en S

11.2 - 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.

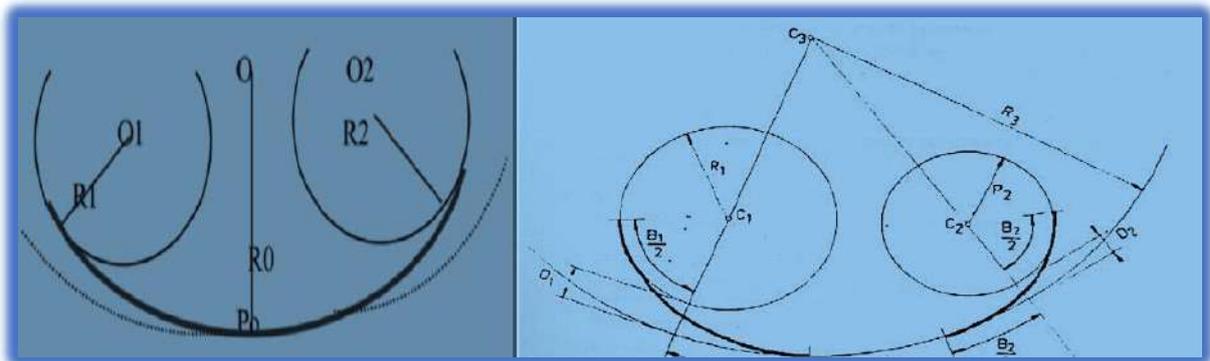


Figure 5-6 : Courbe en C

11.3 - Courbe en ovale :

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

11.4 - Courbe a sommet :

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

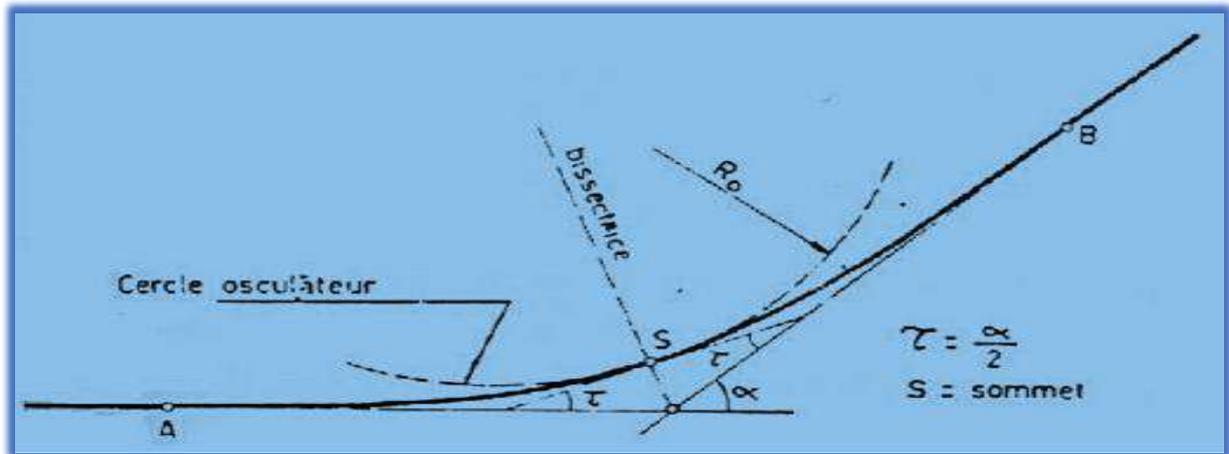


Figure5-7 : Courbe à sommet

11.5 - Notion de ripage :

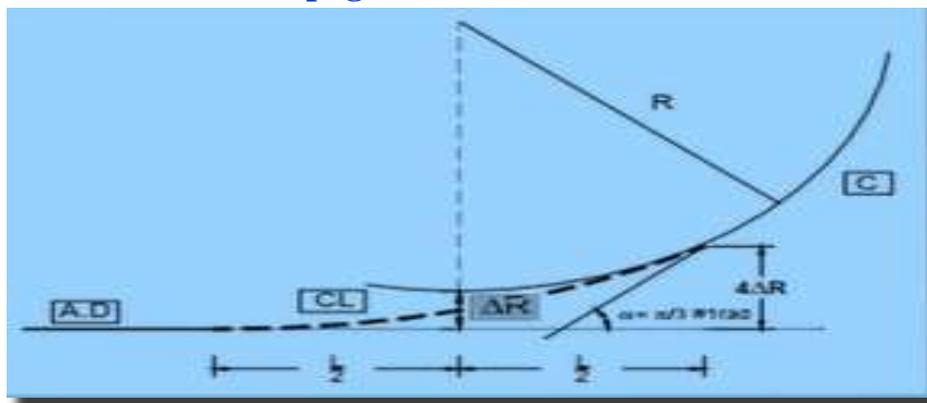


Figure 5-8 : le ripage

La clothoïde se définit par le déplacement du rayon R par rapport à l'AD : c'est ce qu'on appelle le ripage ΔR .

La formule: ($\Delta R = L^2 / 24R$) permet de dévaluer rapidement le clothoïde

Le ripage est limité à :

- 0.50M pour les autoroutes.
- 0.25M pour les autres routes.

11.6 - DEFINITION DE DEVERS :

Le **dévers** est la valeur de la pente transversale d'un des deux versants d'une chaussée ou d'un trottoir c'est également la valeur de l'inclinaison.

11.6.1 - Calcul des dévers :

- En ce qui concerne les alignements droits et dans les courbes de :
 $R \geq R_{Hnd}$ le dévers est égal à 2.5%
- Les courbes de rayon $R_{Hn} < R < R_{Hd}$ sont déversées vers l'intérieur du virage avec un dévers qui peut être déterminé par interpolation en fonction de $1/R$.

Si $R_{Hm} < R < R_{Hn}$:

$$d = \frac{d^{max} - d(R_{Hn})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hmax}}\right) + d^{max}$$

Entre $d(R_{Hn})$ et d_{min} si $R_{Hn} < R < R_{Hd}$

$$d = \frac{d(R_{Hn} - d_{min})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}\right) + d^{min}$$

11.6.2 - Type des dévers :

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

11.6.2.2 - Devers en courbe : son role permet de :

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

11.7 - Rayon de courbure :

Les forces en présence qui équilibrent le véhicule dans une courbe

Relevée a l'inclinaison a se présentent suivant le schéma ci-dessous :

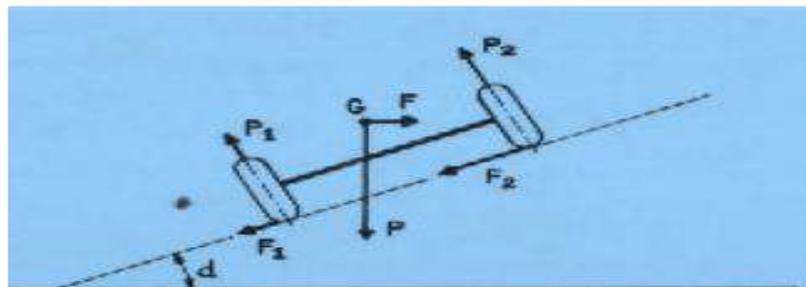


Figure5-9 : force agissant sur un véhicule dans un virage

11.8 - Raccordement de dévers :

Les traces routières se composent en première approximation d'alignements droits et de courbes circulaires.

Deux courbes de même sens ou de sens contraire étant obligatoirement séparées par un alignement droit de longueur appropriée dans les alignements droits :

Les chaussées ont un profil en travers constitué :

- Soit de 2 versants plans à 2.5% de pente vers l'extérieur avec un raccordement parabolique central de 1m de largeur.
- Soit d'un versant plan unique à 2.5% (disposition réservée en principe aux chaussées unidirectionnelles).

Dans les courbes :

- Dans les courbes, le profil en travers présente un versant plan de pente uniforme vers l'intérieur de la courbe dit devers.

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

12 – APPLICATION AU PROJET :

Notre projet est classé dans la catégorie 1 (C1), situé dans un environnement 1 (E1) avec une vitesse de base de **80 km/h**.

Donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

paramètres	symboles	Valeurs(m)
Vitesse de base (km/h)	VB	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

Tableau 5-4 : rayons du tracé en plan

13 - PROFIL EN LONG :

13.1 - Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Dans un profil en long on définit les éléments de base suivants :

- L'altitude du terrain.
- L'altitude du projet.

- La distance partielle et cumulée.
- La déclivité du projet.

14 – CONDITION A RESPECTER DANS LE TRACE D LIGNE ROUGE

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Pour cela on doit :

- Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et déblai.
- Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- De maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- Opter pour une déclivité minimale de 1% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

14.1 -Eléments constitutifs de la ligne rouge :

14.1.1 -Déclivité :

La déclivité d'une ligne rouge est la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom rampe pour les montée.

14.1.1.1 -Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits (palier) sont à éviter si c'est possible, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue Longitudinalement avec facilité par les fossés ou des canalisations ayant une pente Suffisante. – déclivité min : $i_{min}=0,5\%$, de préférence 1%.

14.1.1.2 -Déclivité maximale :

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de

L'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les poids lourds qui sont déterminants, car la plupart des PL ont une grande Réserve de puissance.

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

VR km/h	40	60	80	100	120	140
I max%	8	7	6	5	4	4

Tableau 5-5 : la pente maximale I_{max} selon b40

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

15 – COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incite à :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$$V_{\text{vertical}} > 6 H_{\text{horizontal}} \quad \text{pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.
- 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).

15.1 -Raccordement en profil en long :

- Le changement de déclivité constitue des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité

Il y a deux types de raccordements :

15.1.1 -Raccordements convexes (angle saillant) :

- Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.
- La conception des raccordements convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

15.1.1.1 - Condition de confort :

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

pour **catégorie 1-2**  $\frac{g}{4.0}$

Pour catégorie 3,4 et 5 \longrightarrow $\frac{g}{30}$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à:

$$Vr^2 / Rv < \frac{g}{40} \quad \text{Pour } g = 10 \text{ m/s}$$

$$RV \text{ min} \longrightarrow \begin{matrix} 0,3 \cdot Vr^2 & \text{pour cat (1 - 2)} \\ 0,23 \cdot Vr^2 & \text{pour cat (3 - 4 ET 5)} \end{matrix}$$

Dans notre cas : $Rv_{\text{min}} = 0,3 Vr^2$

Avec: - Rv : rayon vertical (m) –

Vr : vitesse de référence (Km/h)

15.1.1.2 - Condition de 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 :

$$Rv = \frac{d1^2}{2 \cdot (h0 + h1 + 2 \cdot \sqrt{h0 \cdot h1})}$$

d1 : Distance d'arrêt (m) h0 : Hauteur de l'oeil (m) h1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Dans le cas d'une route bidirectionnelle : $h0 = 1,1 \text{ m}$, $h1 = 0,15 \text{ m}$

On a donc / $Rv = 0,24 \cdot d1^2$

15.1.1.3 - Condition de confort du profil en long :

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

On distingue deux types de rayon verticaux :

RVm : Rayon minimal absolu calculé pour une vitesse Vr.

RVn : Rayon minimal normal calculé pour une vitesse Vr + 20.

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

ON AURA SUIVANT LES CATEGORIE (1.2.3.4.5)

$R'v > 0,3 \times V^2$ Pour les catégories 1 et 2 (notre cas du projet)

$R'v > 0,25 \times V^2$ Pour les catégories 3,4 et 5

15.1.2 - Raccordement concave du profil en long (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur

Dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort

Dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de

Ruissellement. La présence d'un passage supérieur au droit d'un angle rentrant mérite un examen particulier.

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas Déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicule Devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation

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

- $R'v$: rayon minimum du cercle de raccordement.
- $d1$: distance d'arrêt

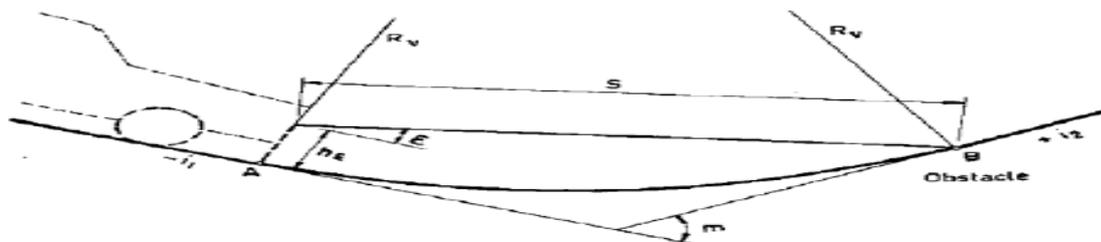
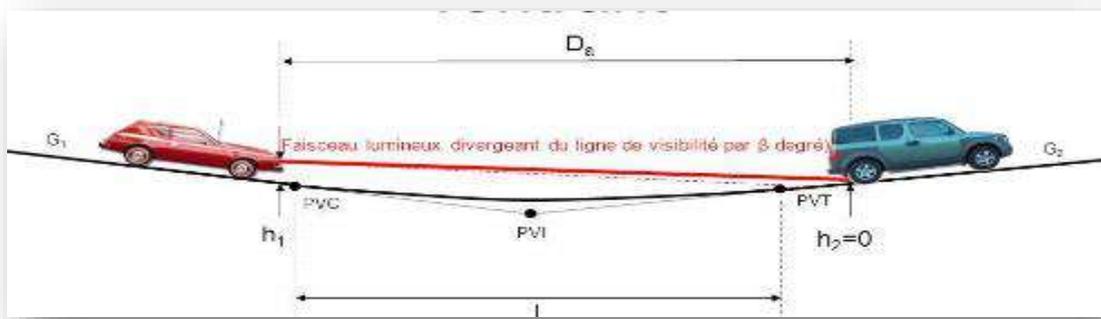


Figure5-10 : visibilité en raccordement concaves

15.1.2.1 - À condition esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à L'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela 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 en imposera une longueur de raccordement minimale est ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ (dans le cas des échangeurs).

$$Rv \text{ min} = 100 * \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

Avec :

$Rv \text{ min}$: rayon vertical minimum (m).

$\Delta d(\%)$: Changement de dévers (%).

$$\Delta d(\%) = d_{\text{courbe}} - d_{\text{Alignement}} \text{ et } d_{\text{Alignement}} = -2.5\%$$

16 - APPLICATION AU PROJET :

16.1 - Angle saillant :

Pour une vitesse de base de 80 km/h et une catégorie C1 on a le tableau suivant :

Rayon RV	VB SYMBOL	80 km/h
Unidirectionnel Min-absolu Min-absolu	RV m1 minimal absolu RV n1 minimal normal	2 500 6 000

Tableau 5-6 : Rayon Angle saillant

16.2 - Rayon angle rentrant :

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une vitesse de base $V_r = 80$ km/h et une Catégorie C1 on opte pour les résultats suivants :

Rayon RV	VB SYMBOL	80 km/h
Catégorie 1-2 Min-absolu Min-normal	C1 R'V m R'V N	24 00 30 00

Tableau 5-7 : Rayon Angle Rentrant

Selon l'ARP : Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques des profils en long doivent respecter les caractéristique limites résumées dans le tableau ci-après :

CATEGORIE DE ROUTE	R80
Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant (en m)	3000
Rayon minimal en angle rentrent (en m)	2200

Tableau5-8 : les paramètres géométriques des profils en long

17 - PROFIL EN TRAVERS :

17.1 - DEFINITION :

- Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical.
- Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs).

17.2 - DIFFERENT TYPE DE PROFIL EN TRAVERS :

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

17.2.1 - 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) en résumé utile c'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

17.2.2 - profil en travers courants :

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

18 - LES ELEMENTS DE COMPOSITION DES PROFILS EN TRAVERS :

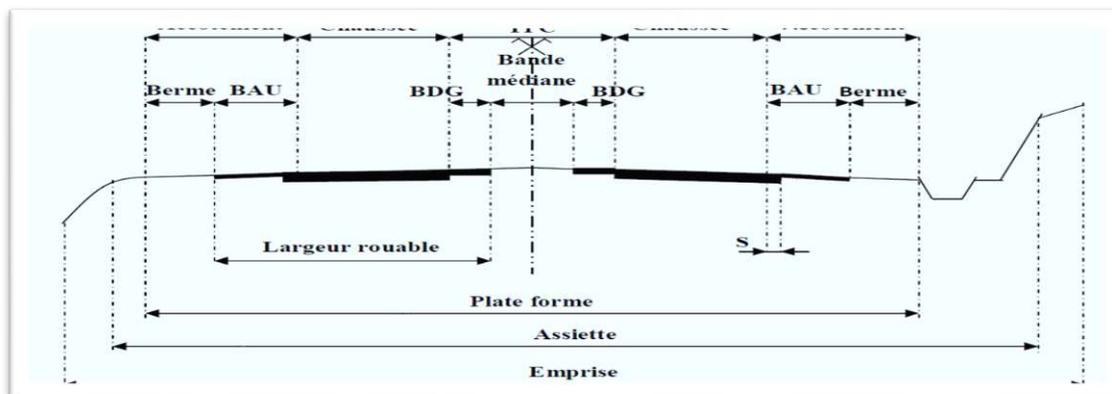


TABLEAU5-11 : Éléments constitutifs du profil en travers type

BAU : bande d'arrêt urgence

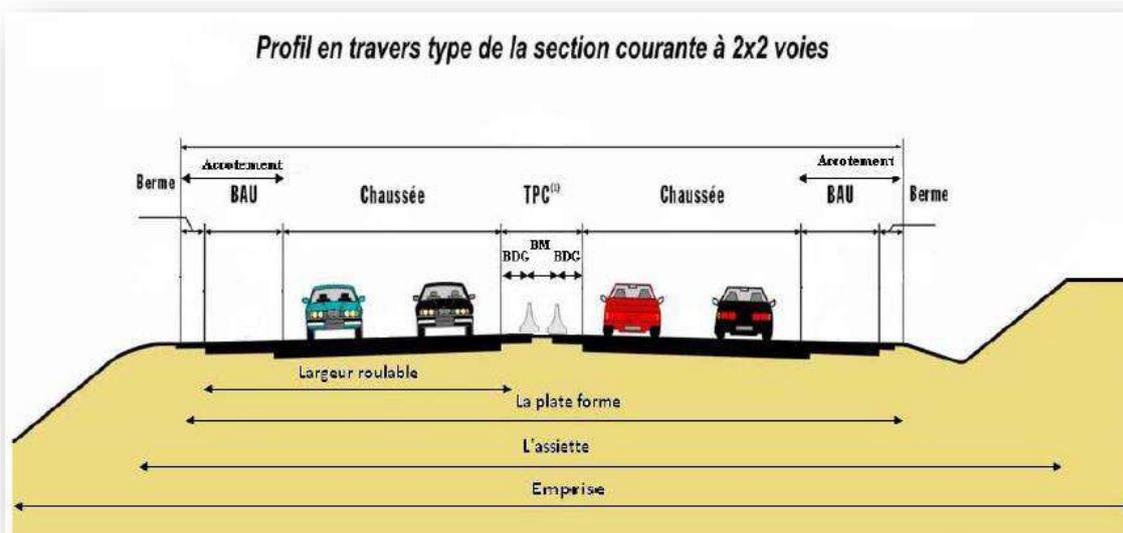


FIGURE5-12 : Éléments constitutifs du profil en travers type

1)-Emprise :

Est la surface du terrain naturel affectée à la route, limitée par le domaine public.

2)- Assiette :

Est la surface de la route délimitée par les terrassements.

3)- Chaussée :

Le profil de la chaussée est constitué par deux versants de plans raccordés sur l’axe, sauf pour les chaussées unidirectionnelles qui comportent un seul versant plan dirigé vers l’extérieur.

Les valeurs de la pente transversale dénommée « dévers » peuvent être Récapitulées dans le tableau suivant :

Pentes transversales	Chaussée	Bande dérasée	berme
En alignement et non déversé	2.5%	4 (stabilisée) 2,5% à 4% (revêtue)	8%
En courbe avec dévers < à 4 %	P <4%	4% (stabilisée) 2,5% à 4% (revêtue)	8%
En courbe avec dévers > 4% (coté intérieur)	P > 4%	P	8%
En courbe avec dévers >4% (coté intérieur)	P > 4%	2.5% (stabilisée) 1.5 % (revêtue) vers l’extérieur	8%

Tableau5-9 : Pour la pente transversale :

Valeur du rayon	Sens du dévers	Valeur du dévers berme
240m	Vers l'intérieur du virage	7%
Compris entre 240 et 650	$P < 4\%$ Vers l'intérieur du virage	$-0.13 + 1712.2/R$
650m	$P > 4\%$ Vers l'intérieur du virage	2.5%
Compris 650 et 900	$P > 4\%$ Vers l'intérieur du virage	2.5%
900 m ou plus	En toit	2.5%

Tableau5-10 : Pour la pente transversale :

4)- Accotement :

Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.

5) -Fossé :

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

6) -Berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de Sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au Fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

7) -Arrondi de talus :

En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.

8) -Bande d'arrêt d'urgence :

Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

9) -Terre- plein central (T.P.C) :

Le terre-plein central assure la séparation des deux chaussées d'une route, installé à la partie centrale pour assurer l'espacement latéral au long de la route et composé de la bande dérasée et du séparateur central.

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.

D'environnement :

Le T.P.C supporte les éventuelles plantations qui ont un rôle d'embellissement et Participent à la sécurité de l'utilisateur (lutte contre l'éblouissement).

Les terre-pleins centraux ne comportent pas systématiquement de plantation : ils Sont parfois pour des raisons d'économie entièrement revêtus, mais seulement Lorsque cette largeur est inférieure à 5m.

10)- Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est Dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

11)- Bande médiane :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

12) - Point de rotation des dévers :

Le coix du point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux.

19 - APPLICATION SUR NOTRE PROJET :

En ce qui concerne le profil en travers type appliqué sur notre projet sera composé d'une chaussée dédoublée et Les éléments composée du profil en travers type seront comme suit

- Deux chaussées de deux voies de 7 m 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) = 4.00 m.
- Un accotement de 2.0 m à chaque côté droit de la chaussée.
- Fossé forme trapézoïdale : 0,50m x 0,50m x 0,50m
- Talus remblai : 2/3 Talus déblai : 1/1

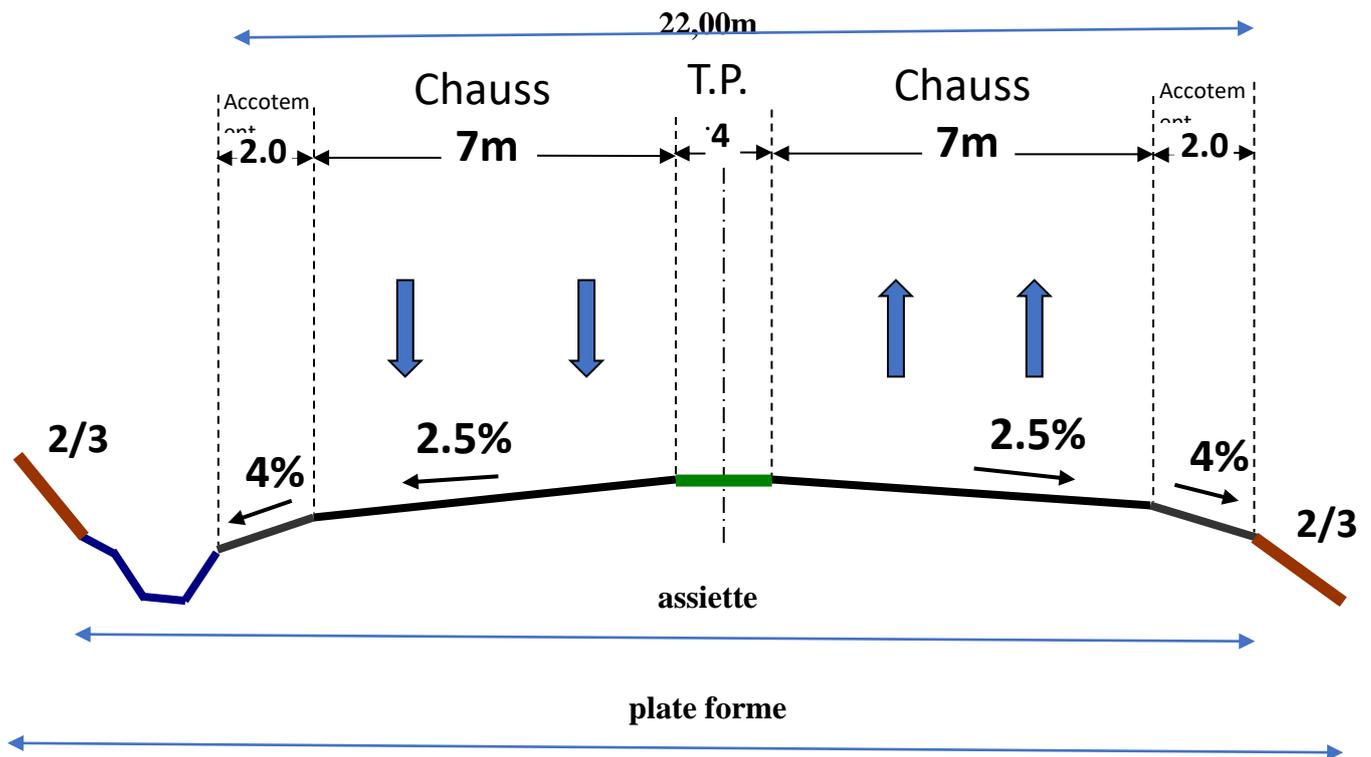


Figure 5-13 : Les éléments composés du profil en travers type

	Calcul	Selon B40
RHm (m) (7%)	252.00m	250
RHn (m) (5%)	463.58m	450
RHd (m) (2.5%)	1007.90 m	1600
RHnd (m) (-2.5)	1439.82 m	1400
RV n1 minimal normal Angle saillant	6000	6000
R'Vn Min-normal angle rentrant (en m)	3000	3000

Tableau 5-11 : les valeurs des différentes courbes calculés selon le B40

Tracé en plan :

Catégories des routes selon l'ARP (type R , type T)

a) - Valeur des rayons conception générale du tracer :

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

Tableau 5-12 : les valeurs des rayons conception générale du tracer

b)- Valeur des rayons conception générale du tracé :

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

Tableau 5-13 : les valeurs des rayons conception générale du trace

c)- Longueur de Clothoïde :

Profil en Travers	Longueur de Clothilde	Profil en Travers	Longueur de Clothilde
Routes à 2 Voies		$L=\text{inf. } (6 R^{0.4} - 67)$	
Routes à 3 Voies		$L=\text{inf. } (9 R^{0.4} - 100)$	
Routes à 2x2 Voies (de type R)		$L=\text{inf. } (12 R^{0.4} - 133)$	

Tableau 5-14 : longueur de clothoïde

Profil en Long :

a) Angle saillant et angle rentrant Profil en Long :

Catégorie de route	R60	R 80 et T80	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

Tableau 5-15 : déclivité maximale et Rayon minimal

	Projet	
Tracé en plan	Rm (m)	240
	Rdm (m)	650
	Long Clothilde	133
	Rnd (m)	900
Profil en long	Déclivité maximale	5%
	Déclivité minimale	0.5%
	Rayon minimal en angle saillant en m	3000
	Rayon minimal en angle rentrant en m	2200

Tableau 5-16 : les valeurs des différentes Profil en Long et trace en plan

20 - CONCLUSION :

A travers cette étude géométrique, on a abouti aux différents tracés d'un projet Routier (tracé en plan, profil en long, et le profil en travers) en respectant les conditions de ces tracés. Et aussi les résultats du calcul qui sont joints à notre projet.

21 - CUBATURE :

21.1 - INTRODUCTION :

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

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

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

21.2 - DEFINITION :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

21.3 - CUBATURES DES TERRASSEMENTS :

On entend par cubature le calcul des volumes déblais et remblais à déplacer pour Respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des Travaux.

Pour notre cas le matériau est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes Déblais et remblais. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des Surfaces.

21.4 - METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Ils existent plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul, le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section de notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre profils en travers successifs. En utilisant la formule suivante :

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

Où : h, S₁, S₂ et S_{moy} désignant respectivement :

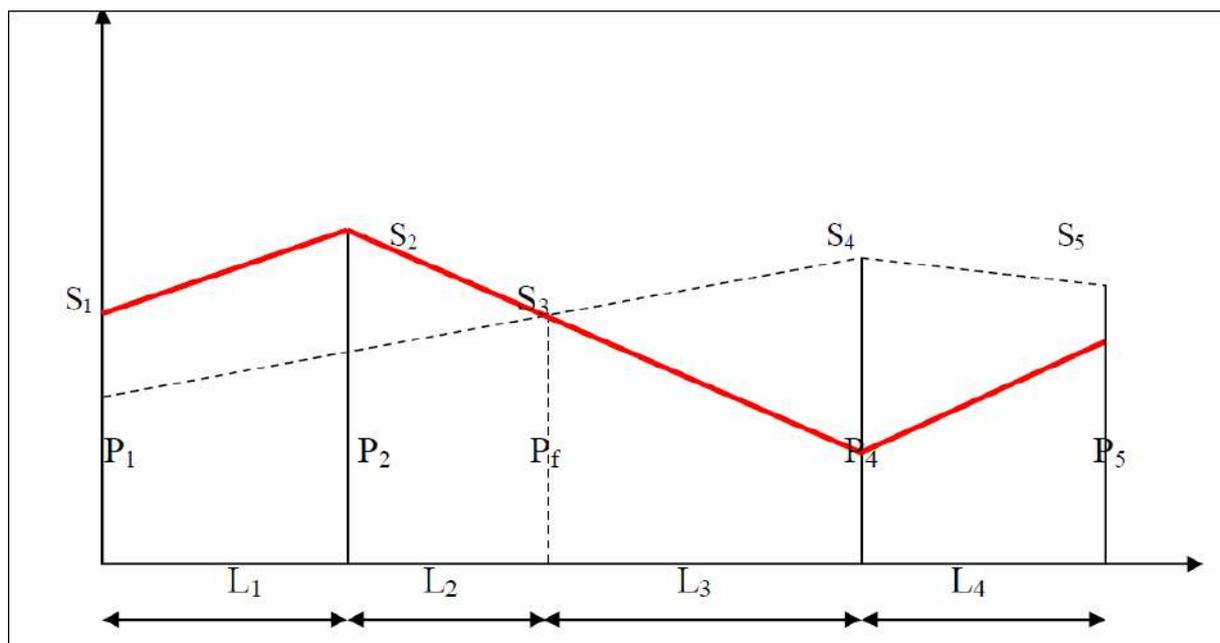


Figure5-14 : schéma de calcul des remblais et déblais.

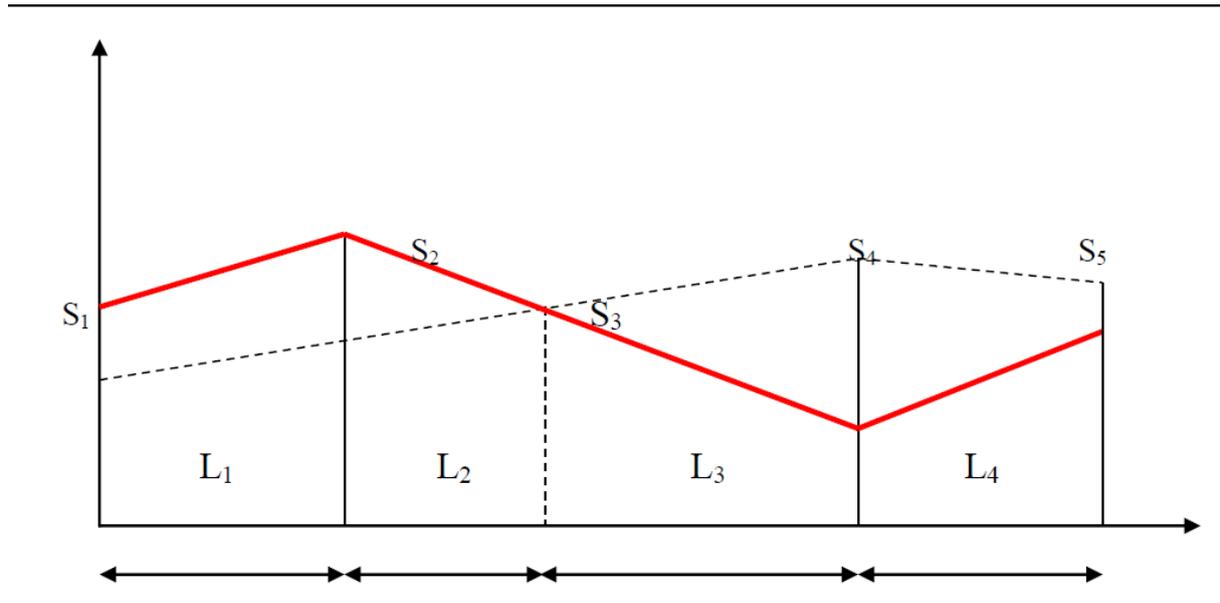


Figure 5-15 : section des remblais et déblais

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

$$V = h/6 * (S1 + S2 + 4 * S_{moye})$$

- Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions

$$S_{moy} = \frac{(S1 + S2)}{2}$$

Donc les volumes seront :

$$V1 = L1 * \frac{(S1 + S2)}{2}$$

$$\text{Entre P1 et P2 } V1 = L1 * \frac{(S1 + S2)}{2}$$

$$\text{Entre P2 et Pf } V2 = L2 * \frac{(S2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre Pf et P3 } V3 = L3 * \frac{(0 + S3)}{2}$$

Le volume total :

$$V = \frac{l1}{2} * S1 + \frac{l1+l2}{2} * S2 + \frac{l2+l3}{2} * 0 + \frac{l3+l4}{2} * S3 + \frac{l4}{2} * S4$$

Les résultats des Cubatures en détails sont représentés on les annexe. (Déblai, Remblai).

Résultats finaux obtenus sont dans le tableau suivant :

Volume des déblais	321445 M³
Volume des remblais	115800 M³

22 - CONCLUSION : Nous avons un volume des déblais supérieur au volume des remblais ce qui prévoit des terres à évacuer, à mettre en dépôt, et à réutiliser comme remblais si elles représentent de bonne caractéristique.

23 - MOUVEMENT DES TERRES :

Les mouvements de terre a pour objet :

- la composition de déblai -remblai sur le profil en long.
- Evacuation des déblais de terre (aux dépôts).
- Ramener des terres sur chantier lorsqu'il y a un manque (à partir d'emprunt).
- Rechercher la distance moyenne de transport le plus petit possible.
- Exclure les transports de sens contraire qui se croisent.
- Choix du matériel du transport de terrassement.
- Calculer le coût de terrassement.

24 -TRANSPORT DES TERRES :

24.1 -Transports transversaux : dans les profils mixtes, on commence à utiliser au maximum des déblais à la construction des remblais. On utilise ces transports perpendiculaires suivant l'axe des profils en long. Ces distances sont généralement, courtes et n'interviennent pas dans la distance moyenne du transport.

24.2 - Transport longitudinal : on ne fait les transports longitudinaux qu'après avoir fait les transports transversaux. Les transports longitudinaux sont en parallèlement a l'axe de la route. La recherche des transports longitudinaux les plus économiques est effectuée par une méthode graphique (épure de là l'Anne).

25 - EPURE DE LA L'ANNE :

Son but est de déterminer le détail de transport des terres, d'un profil a un autre, et d'un ou de plusieurs lieux a des profils. Dans le cas d'un excès de déblai (dépôt) et dans le cas d'un excès de remblai (emprunt).

26 - ETABLISSEMENT DE L'EPURE DE LA L'ANNE :

L'épure de là l'Anne est un moyen de représentation graphique des terrassements Effectuées, et s'établie de la façon suivante :

Tout d'abord on représente les volumes par des lignes verticaux dont la longueur est proportionnelle au cube, on suppose que le volume des terrassements est à chaque profil, concentré au lieu même des profils en travers et non repartie sur toute la longueur d'application du profil.

On prend un linge horizontal appelé « ligne de terre », ou encore ligne horizontale Initiale (HH'), sur laquelle on porte à l'échelle choisit l'emplacement des profils en travers. Perpendiculairement à cette ligne on porte les cubes des déblais et des remblais,

On choisit pour cela une échelle des cubes et l'on porte des déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas, et surtout d'un profil a un autre et en comptant les déblais comme (+) et les remblais comme (-).

27 - RESULTA DES CALCULS CUDATURES :

LE TRONCON DU CONTOURNEMENT DE LA RN48. TRONCON DE 8KM DU DJEBADI VERS BISKRA

- Volume total des déblais : 321445 M³
- Volume total des remblais : 115800 M³
- Volume total des déblais en excès : 205645 M³

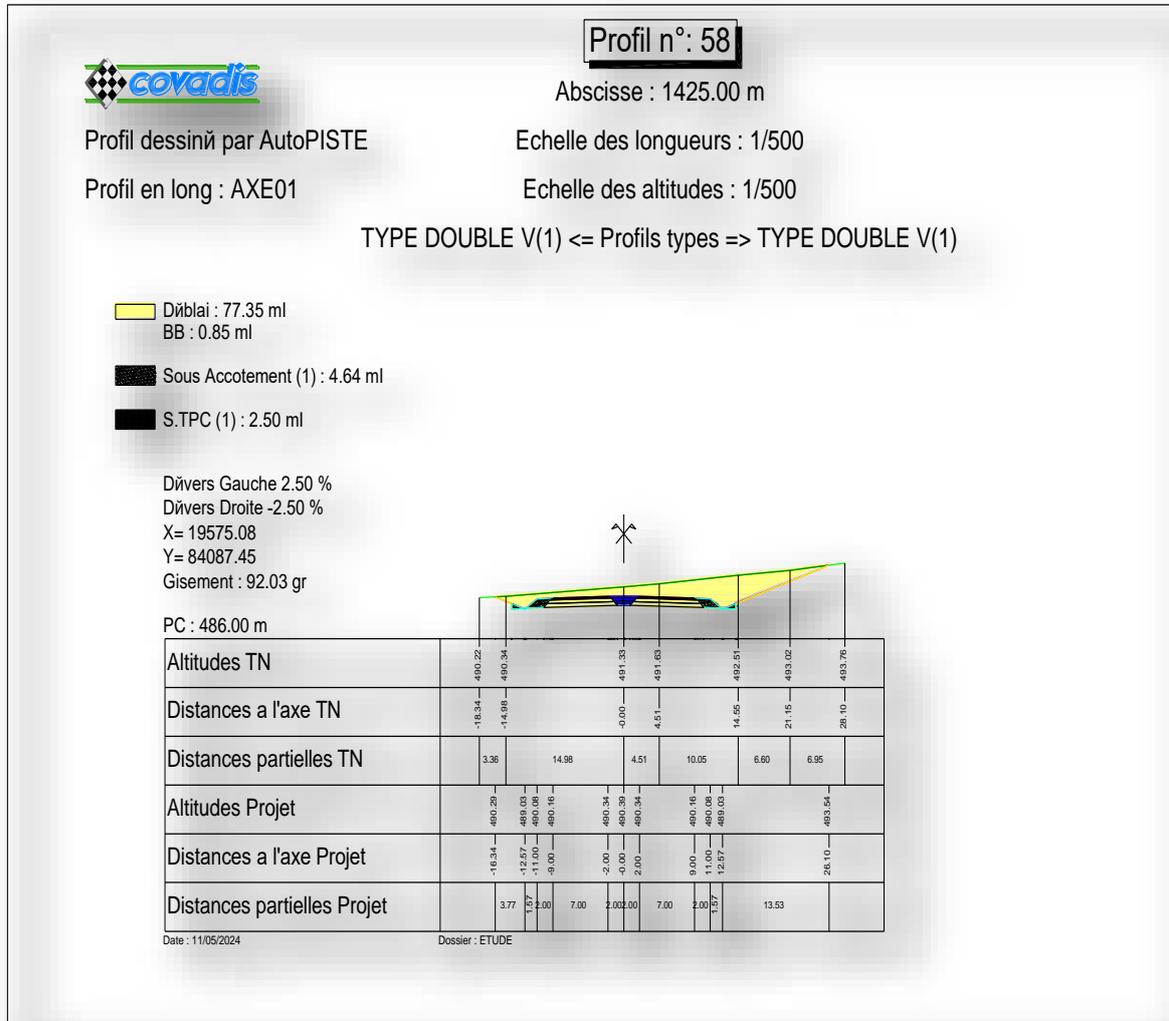


Figure5-16: Profil en travers (cas d'un déblai)

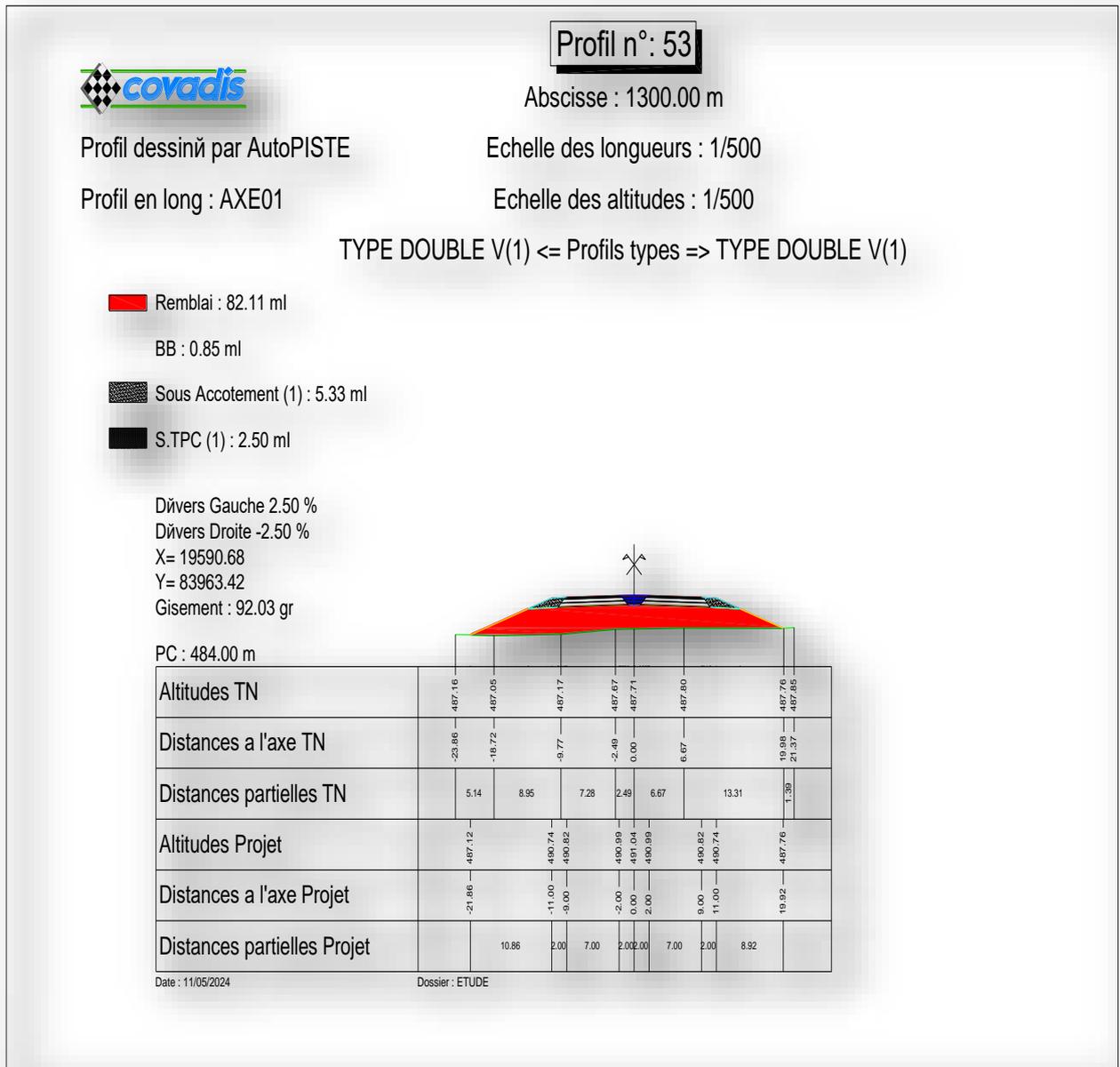


Figure.5.17 : Profil en travers (cas d'un remblai)

CHAPITRES VI

GEOTECHNIQUE

1 - INTRODUCTION

2 - OBJECTIFS

3 - RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE

4 - LES MOYENS DE RECONNAISSANCE

5 - LES DIFFÉRENTS ESSAIS GEOTECHNIQUE ROUTIER

6 - LES ESSAIS FAITS EN LABORATOIRE

7- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

7.1 - Teneur en eau (séchage à l'étuve)

7.2 - Limites d'Atterberg

7.3 - Equivalent de Sable (ES)

7.4 - Valeur de Bleu du Sol (VBS)

7.5 - Analyse granulométrique

8 - LES ESSAIS GEOMECHANQUES

8.1 - Définition de la géomécanique

8.2 - Essai de compression à l'œdomètre

8.3 - Essai de cisaillement (sol pulvérulent)

8.4 - Essais triaxiaux

9 - LES ESSAIS DE COMPORTEMENT MECANIQUE

9.1 - Essai Los Angeles

9.2 - Essais Micro Deval par voie sèche (MDS)

9.3 - Essai Marshall

10 - LES ESSAIS DE PARAMETRAGE HYDRIQUE

10.1 - Essai CBR (California Bearing Ratio)

10.2 - Essais Proctor

11 - MATÉRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSÉE

11.1 - BETON BITUMINEUX (BB)

11.2 - GRAVE BITUME (GB)

11.3 - GRAVE NON TRAITEE (GNT)

12 - APPLICATION AU PROJET

12.1 - Etude de laboratoire

12.2 - Les matériaux granulaire

12.3 - Le bitume

12.4 - La composition obtenue est la suivante

12.5 - Détermination des teneurs en bitume :

13 - ESSAIS EN LABORATOIRE

13.1 - Essais physiques

13.2 - Essais mécaniques

13.3 - Résultat des essais au laboratoire

13.4 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des agrégats

13.5 - Essai LOS-ANGELES

13.6 - Essai MICRO-DEVAL

14 - CONCLUSION

CHAPITRES VI

GEOTECHNIQUE

1 - INTRODUCTION :

- L'étude géotechnique consiste à donner les précautions nécessaires concernant le sol ou sera implanté notre aménagement. Pour cela, une campagne de sondage doit être faite Pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et Éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.
- L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé l'axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, Hydrogéologique, hydraulique de la région. Une interprétation physico- mécanique lui Permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support.
- 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.

2 - OBJECTIFS :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

3 - RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE :

En Algérie, la bonne exécution des projets routiers nécessite une étude Géotechnique approfondie et adéquate a la réglementation en vigueur. Pour cela, les maitres d'œuvre se réfèrent a diverses normes dont le choix est parfois impose par le maitre d'ouvrage.

La quasi-totalité de ces normes étant internationales (ISO), Françaises (NF) ou Anglo-Saxonnes (EN). Il y a environ 108 normes adoptées dans le domaine des travaux publics dont près de la moitié concerne la géotechnique routière.

Les certifications ISO 9000/9001/9004 de la gestion de qualité, la norme NF P 94- 500 relative aux marches et l'accréditation ISO/CEI 17025 relative a la compétence des laboratoires d'essais sont requises pour l'obtention de rapports qualité/prix très satisfaisants.

L'utilisation des nomenclatures GTR – SETRA et du LCPC aidera a déterminer les caractéristiques des matériaux et de définir leurs conditions de mise en œuvre.

4 - 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.

5 - LES DIFFÉRENTS ESSAIS GEOTECHNIQUE ROUTIER :

Nous pouvons distinguer quatre types d'essais géotechniques routiers établis au laboratoire :

- 1- Les essais d'identification et de classification des sols (teneur en eau, limites d'Atterberg, équivalent de sable, VBS, granulométrie) .
- 2- Les essais géomécaniques (œdométrie, cisaillement, triaxiaux).
- 3- Les essais de comportement mécanique (Los Angeles, Micro Deval, friabilité des sables, Marshall).
- 4- Les essais de paramétrage hydrique (CBR, Proctor)

6 – LES ESSAIS FAITS EN LABORATOIRE :

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

NB : Les résultats et conclusions tirées après chaque groupe d'essais serviront au bon déroulement des essais suivants

7- LES ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS :

- Nous énoncerons le but, le domaine d'application, le principe et les résultats Attendus pour chaque essai respectif.

- Il existe en pratique plusieurs modes opératoires, nous citerons à titre d'exemple :

- Le flambage à l'alcool à brûler.
- L'emploi du Carbure de Calcium.
- Le séchage à l'étuve.
- Nous avons choisi de parler de la dernière méthode.

7.1 - Teneur en eau (séchage à l'étuve) :

- **But de l'essai :**

C'est Déterminer la quantité d'eau contenue dans un sol, ou le rapport en % du poids W_w d'eau que le sol contient au poids W_d de ses éléments secs et le domaine d'application dans les Travaux de terrassement et de compactage.

- **Domaine d'application :**

Travaux de terrassement et de compactage.

- **Principe de l'essai :**

L'échantillon de matériau humide est pesé, puis placé dans une étuve à 105°C Jusqu'à l'obtention d'une masse constante (masse du matériau sec).

- **Résultats et interprétations :**

La teneur en eau W sera égale à : (masse d'eau évaporée / masse matériau sec)
Exprimée en %.

Le résultat nous permet de caractériser l'état hydrique du sol :

- Limites d'Atterberg
- Essais Proctor et CBR

Il nous permet aussi de déterminer des paramètres tels que :

- La masse volumique sèche à partir de la masse volumique humide.
- Le dosage en chaux adapté au traitement d'un matériau humide.

7.2 - Limites d'Atterberg :

Selon sa teneur en eau, un sol sensible a l'eau peut se présenter sous trois états :

- Etat solide
- Etat plastique
- Etat liquide

- **But de l'essai :**

Caractériser l'argilosité d'un sol, et donc déterminer les teneurs en eau

Remarquables situées a la frontière entre ces différents états sont les « **Limites D'Atterberg** » :

- Limite de Liquidité : WL (frontière entre état plastique et liquide)
- Limite de Plasticité : WP (frontière entre état solide et plastique)

- **Domaine d'application :**

Cet essai s'applique généralement sur les sols comportant un pourcentage de Fines ($80\mu\text{m}$) supérieur à 35%.

La détermination de l'argilosité d'un sol par les limites d'Atterberg que par l'essai VBS (Valeur de Bleu du sol) est a privilégier des que le sol est argileux a très Argileux.

- **Principe de l'essai :**

L'essai s'effectue sur la fraction $0/400\ \mu\text{m}$ en deux phases :

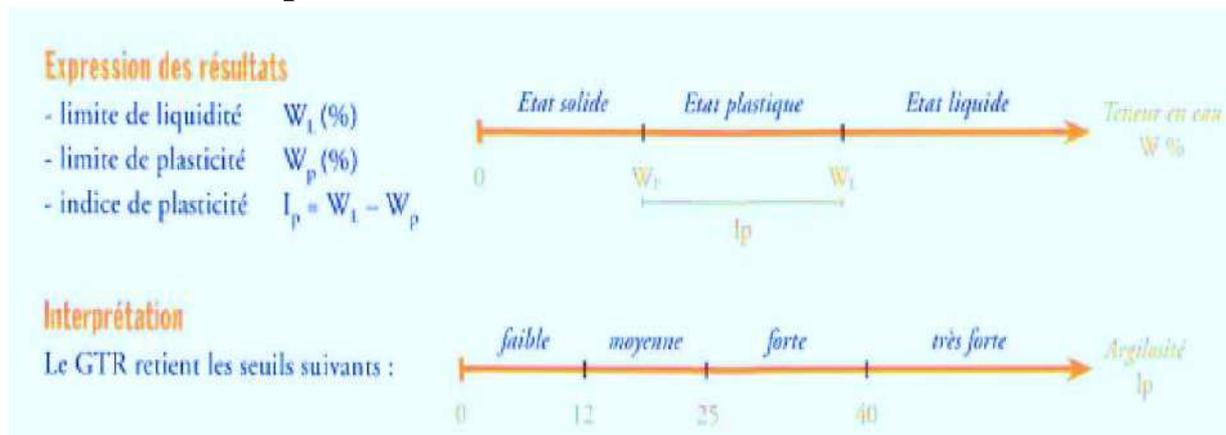
Détermination de la teneur en eau WL pour laquelle une rainure pratiquée dans Une coupelle se ferme, suite a des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de liquidité correspond a une résistance a un cisaillement conventionnel)

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



Figure 6-1 : Limites d'Atterberg

Résultats et interprétations :



Les limites d'Atterberg permettent de calculer l'indice de consistance qui caractérise l'état hydrique d'un sol (80 à 90 % d'éléments < 400 μ m) :

$I_c = (W_L - W_N) / I_P$ avec W_N : teneur en eau naturelle de la fraction 0/400 μ m

$I_c = 0$ si matériau a l'état liquide

$I_c = 1$ si matériau a l'état solide.

$W_l = W_x(N/25)^{0.025}$ (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_p : La limite de liquidité [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.

$I_p = W_l - W_p$ (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).

7.3 - Equivalent de Sable (ES) :

- **But de l'essai i :**

L'essai équivalent de sable permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilise par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles.

- **Domaine d'application :**

Cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines. Notamment les domaines suivants :

- Classification des sols
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des soles utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

• **Principe de l'essai :**

L'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm ; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

PS	Nature et qualité du sable
< 60	"Sable argileux" risque de retrait ou de gonflement, à rejeter pour des bétons de qualité
$60 \leq PS < 70$	"Sable légèrement argileux" de propriété admissible pour béton de qualité quand on ne craint pas particulièrement de retrait.
$70 \leq PS < 80$	"Sable propre" à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
$PS > 80$	"Sable très propre" l'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton qu'il faudra rattraper par une augmentation du dosage en eau.

Tableau 6-1 : La nature et la qualité du sable

• **Matériels utilisés :**

- Eprouvettes en plexiglas avec deux traits repères, et leur bouchon.
- Entonnoir pour introduction du sable.
- Bonbonne de 51 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 flocculat.
- 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 baises 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 flocculat) et H2 (hauteur de sable).

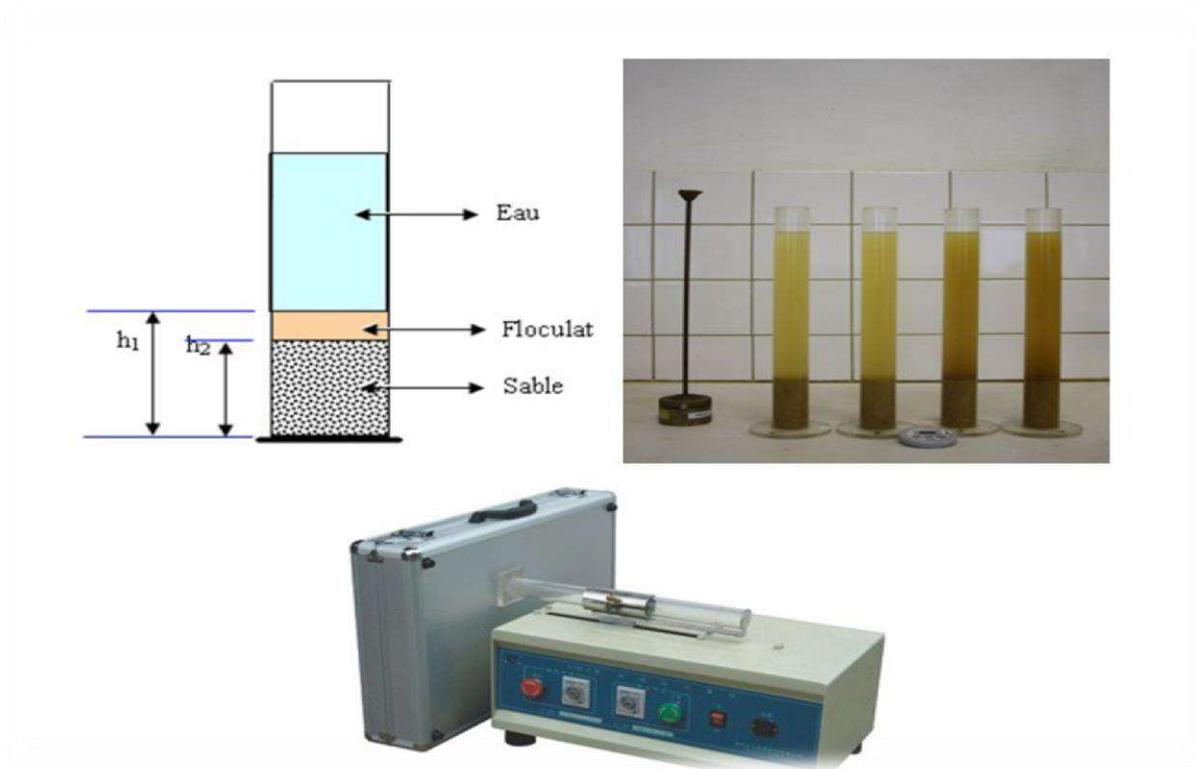
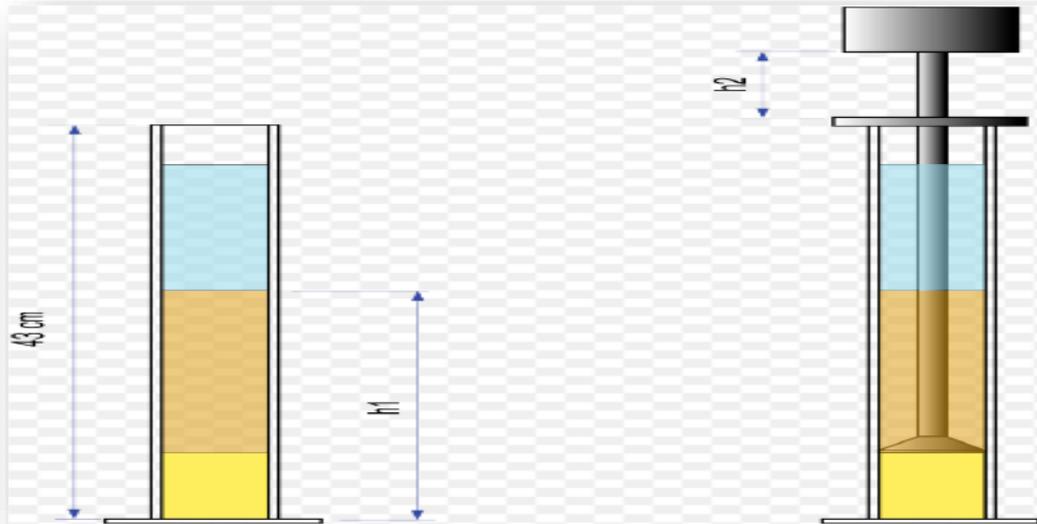


Figure 6-2 : Outillage de l'équivalent de sable



$$PS = 100 * \frac{h1}{h2}$$

EXEMPLE :

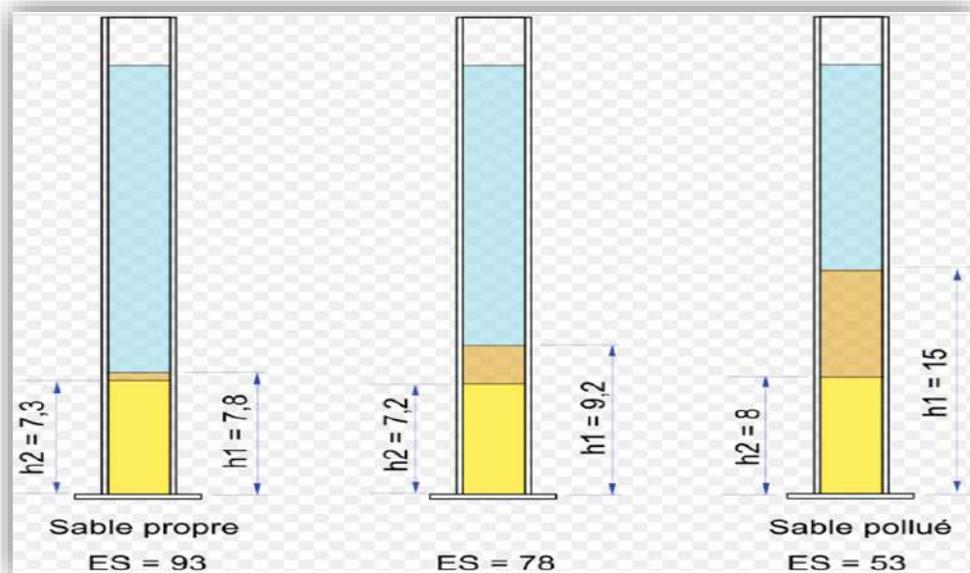


Figure 6-3 : Exemple de l'essai de ES

• **Résultats et interprétations :**

- C'est un essai empirique, rapide et simple.
- Il s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm (module AFNOR 38)
- L'essai prolonge l'essai de plasticité quand $I_p < 5$.

- Il sert à éliminer les sols gélifs, à choisir des sols à stabiliser.
- La masse de matériaux nécessaire à l'essai est inférieure au kilogramme.
- L'essai se fait sur deux échantillons et l'équivalent de sable est la moyenne des Deux résultats.

7.4 - Valeur de Bleu du Sol (VBS) :

- **But de l'essai :**

Déterminer la propriété d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et Les différents types d'argiles qu'il contient.

- **Domaine d'application :**

Cet essai concerne les sols et certains matériaux rocheux. Toutefois, pour les Matériaux les plus argileux, on privilégiera la réalisation des limites d'Atterberg.

- **Principe de l'essai :**

L'essai au bleu de méthylène est pratiqué sur la fraction granulaire 0/2mm des Sables courants ou sur les fillers (0 / 0,125 mm) contenus dans un sable fillerise, un gravillon ou un tout venant. Il a pour but de révéler la présence de fines de nature argileuse et d'en déterminer la concentration.

On appelle valeur de bleu VB d'un sable (MB dans la norme européenne), la Quantité en grammes de bleu de méthylène adsorbée par 1 kg de fraction 0/2mm du sable.

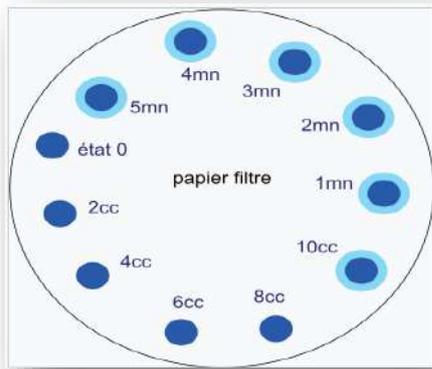
On appelle valeur de bleu des fillers VBF la quantité en grammes de bleu de Méthylène adsorbée par 1 kg de fraction 0 / 0,125 mm d'un granulat (fillers, sable fillerise, tout venant gravillon).

On appelle valeur de bleu sols VBS la quantité en grammes de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fraction 0/50mm d'un sol. Pour cet essai on travaille sur la fraction 0/5 du matériaux.

Une solution de bleu de méthylène est ajoutée progressivement par doses Successives à une suspension de l'échantillon de granulats dans l'eau.

L'adsorption de la solution colorée par l'échantillon est vérifiée après chaque ajout de solution en effectuant un test à la tache sur du papier filtre pour déceler la présence de colorant libre.

Lorsque la présence de colorant libre est confirmée, la valeur de bleu de Méthylène (MB ou MBF) est calculée et exprimée en grammes de colorant adsorbé par kg de la fraction granulaire testée.



Essai au bleu de méthylène –
Vue du papier filtre et des tâches auréolées

Figure 6-4 : bleu de méthylène

- **Appareillage utilisée :**

L'appareillage à utiliser est le suivant : une burette, du papier-filtre, une tige de verre, un agitateur à ailettes, capable de vitesses de rotation contrôlées variables pouvant atteindre 600 tr/min avec 3 ou 4 ailettes de 75 mm de diamètre, une balance, un chronomètre, un tamis, avec des ouvertures de 2 mm, un bécher d'une capacité d'environ 1 L à 2 L, une fiole d'une capacité de 1 L, une étuve ventilée, un thermomètre, une spatule, un dessiccateur.

- **Mode opératoire pour un sable ou un gravillon :**

Un échantillon de granulat est préparé de telle sorte qu'il contienne au moins 200 g de la fraction 0/2mm. Il est séché à 110 °C, refroidi à la température ambiante, puis passé au tamis de 2 mm et toutes les particules retenues au tamis de 2 sont éliminées. L'échantillon résiduel est ensuite pesé (en grammes) (M1)

Pour préparer la suspension, il convient de verser 500 ml d'eau distillée ou d'eau déminéralisée dans le bécher et ajouter l'échantillon séché en remuant bien avec la spatule.

- **Exécution de l'essai :**

Appareillage 1 :

Agiter la solution à la vitesse de 600 tr/min pendant 5 min, puis agiter continuellement à 400 tr/min pendant la poursuite de l'essai.

Après chaque injection de colorant à l'aide de la **burette** (5ml toutes les minutes), le test à la tâche consiste à prélever à l'aide de la tige de verre une goutte de la suspension et de la déposer sur le papier filtre disposé au fond du **bécher**. La tâche qui se forme et composée d'un dépôt central de matériau, en général d'une couleur bleu foncé, entouré d'une zone humide incolore).

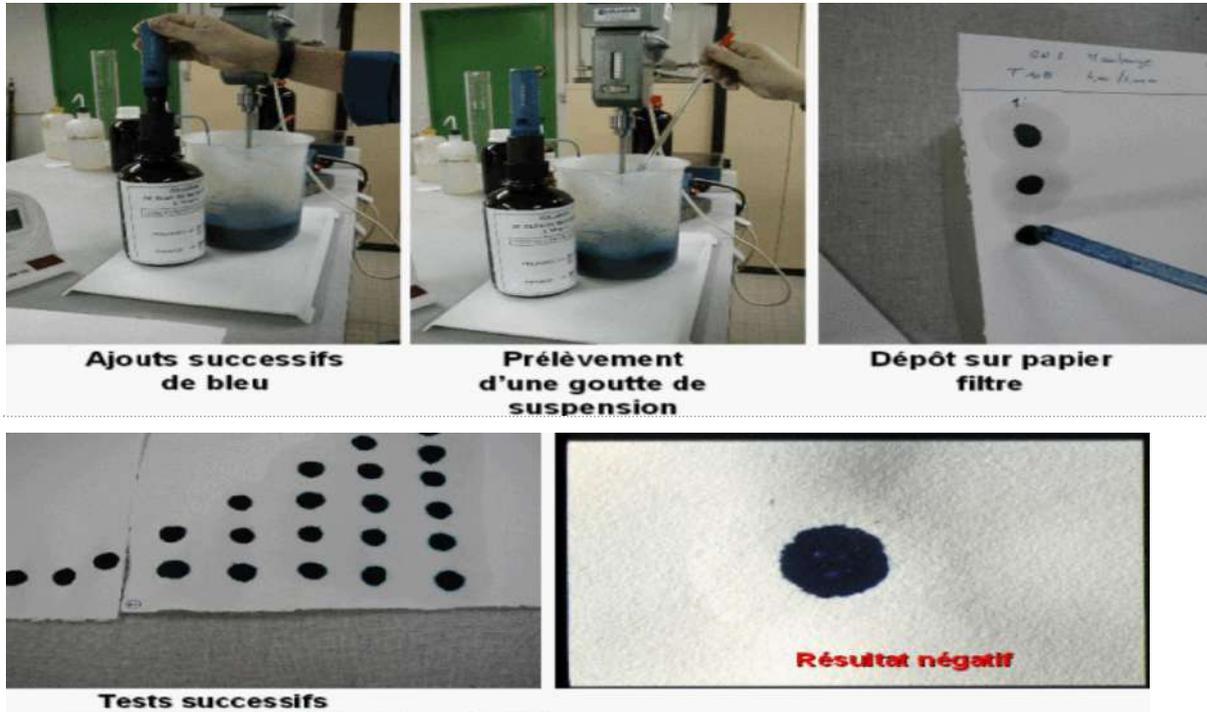


Figure 6-5 bleu de méthylène

- **Résultats et interprétations :**

La VBS nous est donnée par formule : $VBS = B \cdot C \cdot 100 / Ms$ (en grammes de bleu pour 100g de matériau sec)

B : masse de bleu introduite (solution à 10g/l).

C : proportion du 0/5 mm (soumis à l'essai) dans la fraction 0/50 mm du matériau sec.

Ms : masse sèche de la prise d'essai.

7.5 - Analyse granulométrique :

- **But de l'essai i :**

Déterminer la répartition des grains de sol suivant leur dimension dans un Échantillon. Représentation de la répartition de la masse des particules a l'etat sec en fonction de leur dimension.

- **Domaine d'application :**

Cette analyse granulométrique permet de définir diverses classes de matériaux indépendamment de leur nature chimique. Le tableau ci-dessous correspond à la norme française NF P18-560 utilisée notamment dans le domaine routier.

- **Principe de l'essai :**

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.

Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.



Figure6-6 : les phases de l'essai analyse granulométrique

- **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 supérieur, 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 marcher 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 tamis 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 grande maille, soit R1 la masse de ce refus.

- Reprendre la même opération avec le tamis immédiatement inférieur, 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 calculs :

- Les résultants des déférentes pèses cumulées sont portés sur une feuille d'essai

- Calculé les refus cumulent (GR), refus cumule (%), tamisât (%).

- Tracer la courbe granulométrique pour chaque série (sable) puis la comparée avec le fuseau de sable 0/5 pour voir le type de sable.

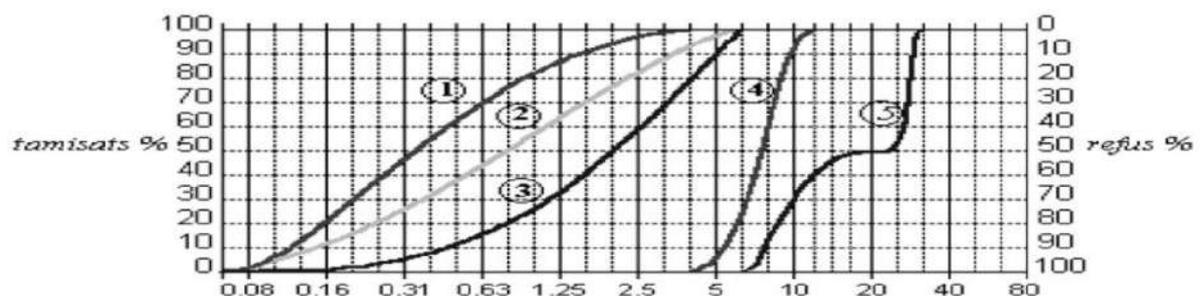
Pourcentage massif de refus :

$$100 - P = 100 R/Ms$$

D'où : **R** : refus cumulés ;

Ms : masse totale initiale de l'échantillon de

sol sec.



1. Sable à majorité de grains fins,
2. Sable normal,
3. Sable plutôt grossier

4. gravillon 5/10 à granulométrie continue
5. gravillon 5/25 à granulométrie discontinue

Figure 6-7 : abaque analyse granulométrique

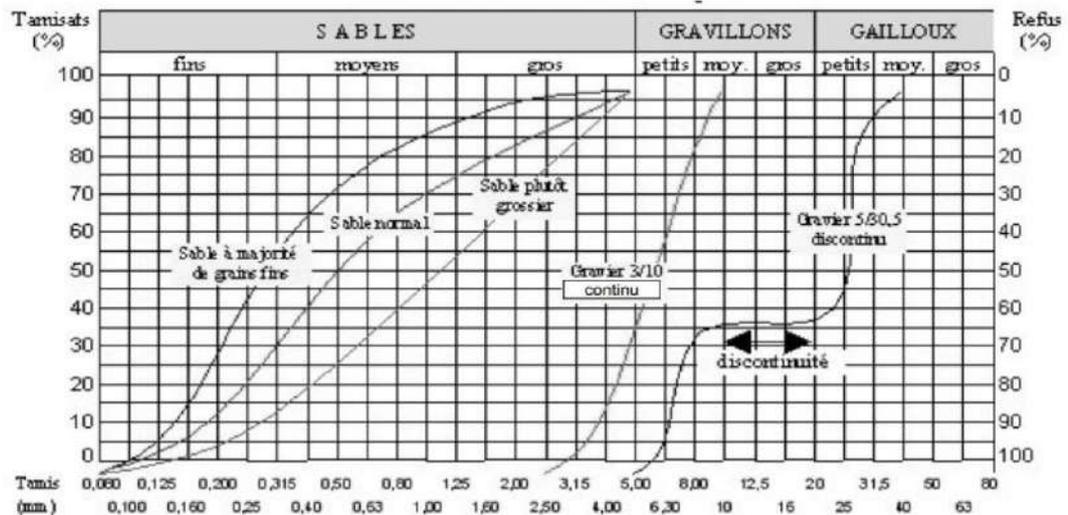


Figure 6-8 : Abaque de l'essai analyse granulométrique

8 - LES ESSAIS GEOMECHANQUES :

8.1 - Définition de la géomécanique :

La géomécanique est l'outil mathématique de la géotechnique ; elle synthétise la mécanique des sols, la mécanique des roches, l'hydraulique souterraine et une partie de la sismique.

Lors d'études géotechniques pour aménager et/ou exploiter la subsurface terrestre : projeter, construire et entretenir un ouvrage ; assurer la stabilité d'un talus de remblais ou de déblais, d'une excavation souterraine, d'un soutènement, estimer celle d'un versant naturel ; éviter la rupture et limiter le tassement d'une fondation d'ouvrage ; estimer le débit d'un puits, d'un drain, d'une fouille à épuiser... on doit poser des problèmes de géomécanique et les résoudre par le calcul ; ils concernent la déformation ou le déplacement du Ge matériau, sol, roche et/ou eau, sous l'action de la gravité à laquelle peuvent s'associer des efforts spécifiques, induits par un événement naturel ou par la mise en œuvre du sous-sol d'un site de construction ; ce sont généralement des charges de remblais ou de fondations, des décharges de galeries ou de déblais, des pressions hydrostatiques ou de courant...

8.2 - Essai de compression à l'œdomètre :

- **But de l'essai i :**

Lorsque des couches de sols sont soumises à des sollicitations de grande étendue

(Dallages, remblais...) on peut considérer que la compression est unidimensionnelle. La déformation verticale qui en résulte est appelée tassement. Pour simuler en laboratoire ces chargements unidimensionnels, on comprime des échantillons intacts de sol dans un appareil appelé œdomètre. Cet essai permet d'établir, pour un échantillon donné, deux types de courbes :

- la courbe de compressibilité, qui indique le tassement total en fonction de logarithme de la contrainte appliquée,
- les courbes de consolidation, qui donnent le tassement de l'échantillon en fonction du temps sous application d'une contrainte constante.

- **Domaine d'application :**

Etude des sols cohérents.

- **Principe de l'essai :**

L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une enceinte cylindrique rigide (œdomètre). - Diamètre de la boîte : $D \geq 60 \text{ mm}$ - hauteur de l'éprouvette : $\text{Max}(10 \text{ mm} ; 6 d \text{ max}) \leq H_i \leq 0,4 D$ Un dispositif applique sur cette éprouvette un effort axial vertical, l'éprouvette étant drainée en haut et en bas et maintenue saturée pendant l'essai. La charge est appliquée par paliers maintenus constants successivement croissants et décroissants suivant un programme défini. Les variations de hauteur de l'éprouvette sont mesurées pendant l'essai en fonction de la durée d'application de la charge.

Les paliers de chargement et de déchargement sont maintenus au moins 24 heures et prolonges si nécessaire dans les conditions fixées par la norme.

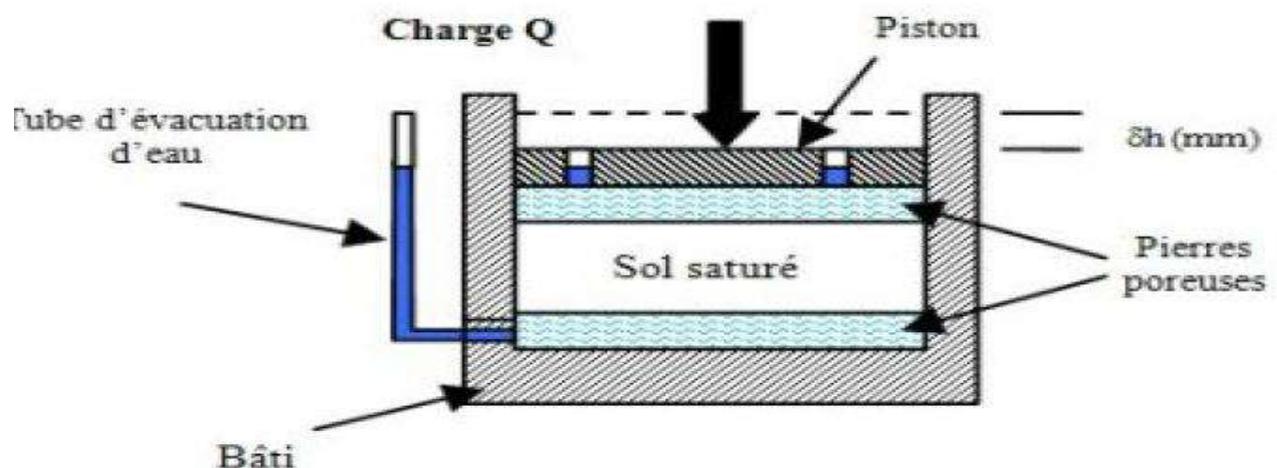


Figure 6-9 : l'essai CBR

- **Résultats et interprétations :**

- **Courbe de compressibilité :**

- Contrainte effective verticale σ'_{vo} : contrainte effective verticale du sol en place au moment de son prélèvement.
- Contrainte effective de pré-consolidation σ'_p : contrainte effective maximale sous laquelle le sol s'est déjà consolidé au cours de son histoire.
- Indice de compression C_c : pente de la tangente a la courbe vierge qui permet de préciser la sensibilité du sol au tassement le long de cette courbe.
- Indice de gonflement C_s : traduit la déformabilité d'un échantillon non gonflant en deca de la contrainte de consolidation a laquelle il a été soumis (a ne pas confondre avec C_g coefficient de gonflement).
- Module œdométrique sécant E_{oed} : module de déformation calcule entre deux points de la courbe de chargement $N1 (\sigma_1, e_1)$ et $N2 (\sigma_2, e_2)$, qui n'a pas une valeur constante. Ce module permet de calculer les tassements des sols.

PGC –

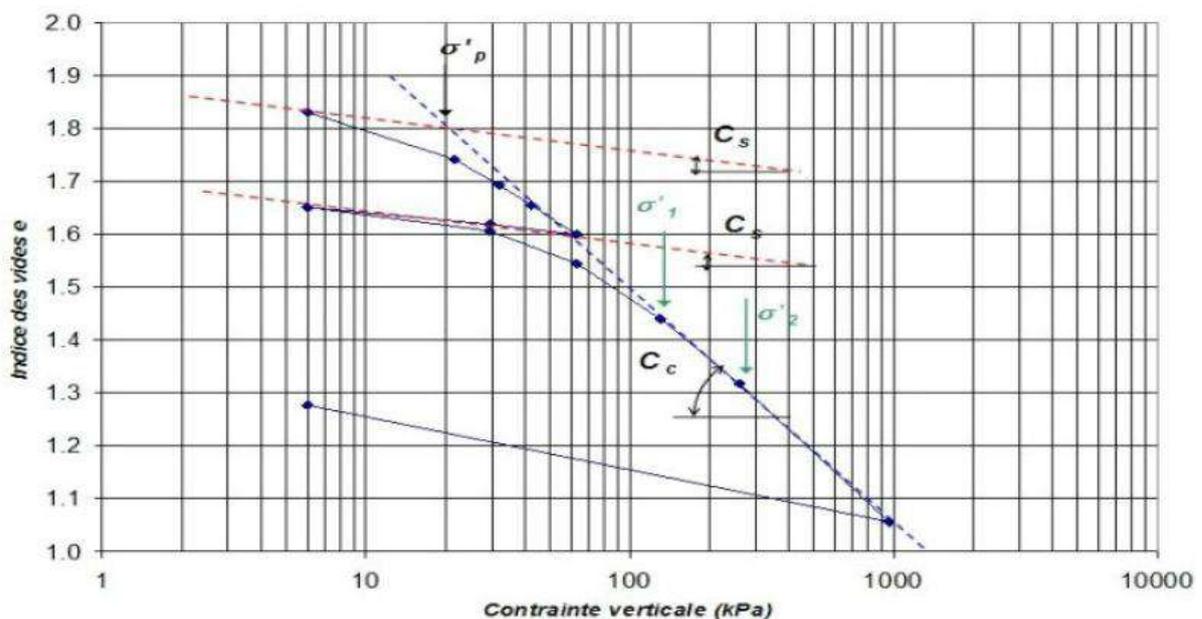


FIGURE6-10 : Analyse de compression a l'œdomètre

- **Courbe de consolidation ($\sigma=cste$) :**

- La courbe de consolidation permet de mettre en évidence a la fois la consolidation primaire et la consolidation secondaire. L'intersection des tangentes aux deux branches de la courbe relatives a ces deux types de consolidation définit conventionnellement la fin de la consolidation primaire correspondant a s_{100} et t_{100} .

- Par une serie de constructions graphiques on peut déduire la valeur du coefficient de consolidation vertical C_v (m²/s) qui permettra de calculer ensuite les vitesses de tassement des couches de sol.

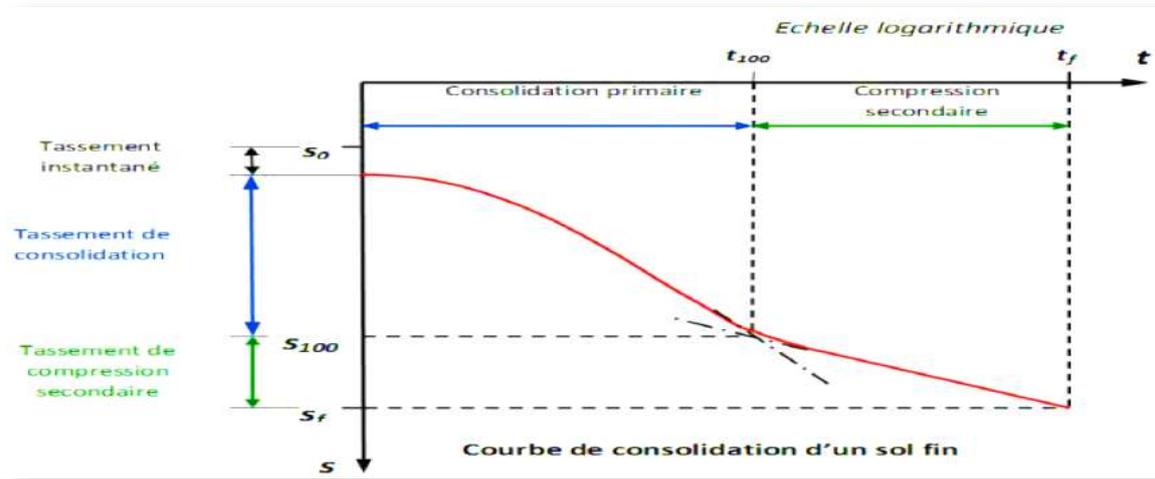


Figure 6-11 : Courbe de consolidation d'un sol fin

8.3 - Essai de cisaillement (sol pulvérulent) :

- **But de l'essai :**

Déterminer expérimentalement la courbe intrinsèque d'un sol pulvérulent puis d'en déduire les paramètres de cisaillement qui permettent d'estimer par exemple la contrainte de rupture sous une fondation superficielle.

- **Domaine d'application :**

L'essai de cisaillement réalisé à la boîte s'applique dans des conditions drainées sur tous les types de sols naturels, reconstitués ou artificiels.

L'essai fournit des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne des matériaux soumis à essais.

- **Principe de l'essai :**

- Dans l'essai de cisaillement à la boîte de Cassagnarde, on cherche à provoquer la rupture de l'échantillon suivant un plan imposé.

L'échantillon est placé dans une boîte constituée de deux parties qui peuvent glisser horizontalement l'une sur l'autre.

- On applique à l'échantillon un effort normal de compression N , verticalement, par l'intermédiaire d'un piston et un effort tranchant T , horizontalement, en déplaçant la demi-boîte inférieure.

Un comparateur mesure la variation de hauteur de l'échantillon.

- **Résultats et interprétation :**

La courbe intrinsèque nous donne les valeurs de l'angle de frottement interne et C (terme de la cohésion).

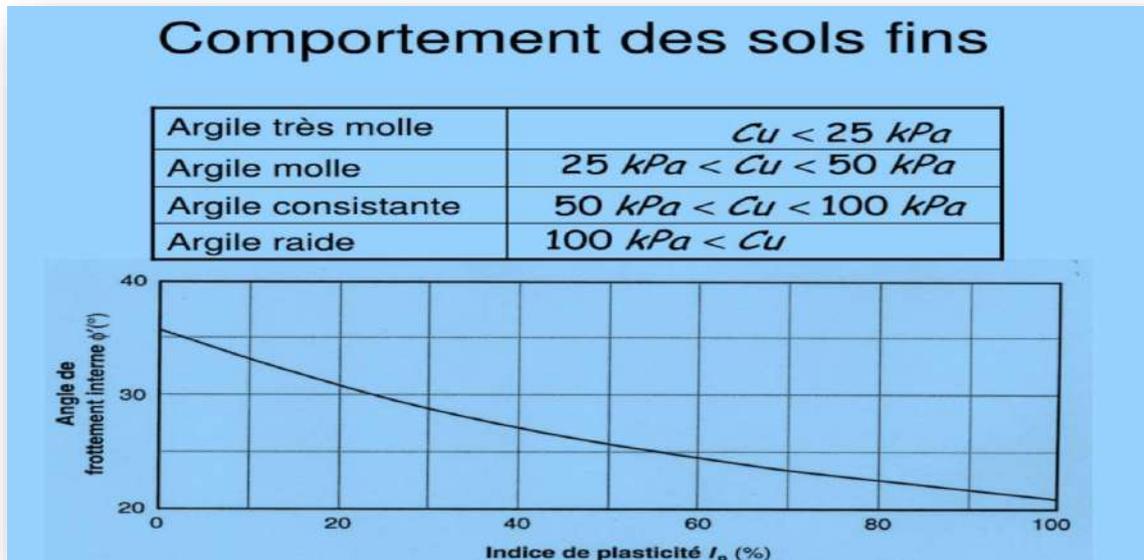


Figure 6-12 : COMPORTEMENT DES SOIS FINS

8.4 - Essais triaxiaux :

- **But des essais :**

Déterminer la résistance au cisaillement.

Principe de l'essai :

On distingue :

- Essais non consolidés non drainés (UU)
- Essais consolidés non drainés avec mesure de la pression interstitielle (CU + u)
- Essais consolidés non drainés sans mesure de la pression interstitielle (CU)
- Essais consolidés drainés (CD).

Une éprouvette de sol de forme cylindrique et de section droite circulaire (Élancement proche de 2), est placée sur une embase rigide, munie ou non d'un disque drainant, à l'intérieur d'une enceinte étanche (cellule triaxiale).

Sur sa surface latérale, l'éprouvette est recouverte d'une membrane souple et Imperméable.

A la partie supérieure de l'éprouvette est placée une embase rigide munie ou non d'un disque drainant, sur laquelle vient s'appuyer un piston.

La cellule est remplie d'eau.

Le dispositif d'essai permet de mettre cette eau en pression et ainsi d'appliquer à l'éprouvette une contrainte isotrope σ_3 ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$).

L'essai s'effectue en imposant à l'éprouvette une déformation axiale à vitesse constante.

Il consiste à faire croître F en enfonçant le piston à vitesse constante tout en maintenant la pression σ_3 constante.

L'éprouvette est donc soumise à :

- Une pression hydrostatique imposée à l'intérieur de l'enceinte par un liquide.
- Une déformation axiale par déplacement relatif des deux embases.

Par symétrie les contraintes σ_1 et σ_3 sont respectivement verticale et horizontale.

• Résultats et interprétations :

Comme σ_3 s'applique également sur la face supérieure de l'éprouvette, il s'ensuit que :

$$\frac{F}{S} = q = \sigma_1 - \sigma_3$$

- La courbe effort-déformation ($\sigma_1 - \sigma_3$; ϵ) peut être enregistrée au cours de l'essai.

- Au moment de la rupture, le déviateur maximal des contraintes $q = \sigma_1 - \sigma_3$ correspondant au cercle de Mohr tangent à la courbe intrinsèque est connu.

- Plusieurs essais sont effectués (au moins 3) à des pressions de confinement différentes et représentatives du confinement in-situ.

- Les caractéristiques mécaniques sont obtenues en représentant dans le plan de Mohr l'état des contraintes à la rupture.

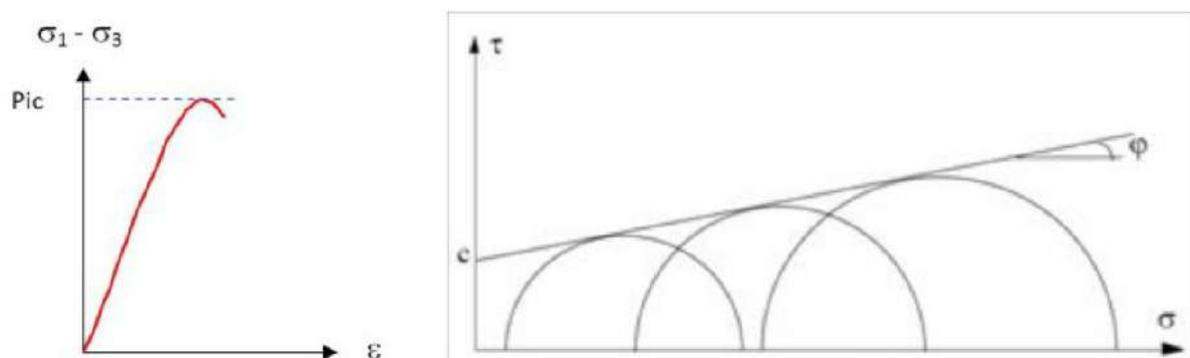


Figure 6-13 : Abaque plan de Mohr l'état des contraintes à la rupture.

9 - LES ESSAIS DE COMPORTEMENT MECANIQUE :

9.1 - Essai Los Angeles :

- **But de l'essai :**

- L'essai Los Angeles permet de mesurer les résistances combinées aux chocs et à la détérioration progressive par frottement réciproques des éléments d'un granulat. Ce mode opératoire s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des chaussées et bétons hydrauliques.

- **Domaine d'application :**

- Granulats d'origine naturelle ou artificielle.

La résistance à la fragmentation est un critère de classification des sols granulaires et matériaux rocheux. (L'essai de LOS ANGELOS CI-DESSOUS)



Figure 6-14 : L'essai de LOS ANGELOS CI-DESSOUS

Matériels utilisés :

1. Machine Los Angeles.
2. Boulets.
3. Etuve.
4. Balance 15 kg.
5. Tamis 1.6 mm

- **Mode opératoire :**

Il consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets et aux frottements réciproques de la Machine Los Angeles. Pour cela il évolue pendant l'essai. La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi six classes granulaires qui sont :

- 4/6,3 mm
- 6,3/10 mm
- 10/14 mm
- 10/25 mm

- 16/31,5 mm

- 25/50 mm

Selon le type de granularité, la masse de la charge de boulets varie si M est la Masse du matériau soumis a l'essai, M1 est la masse des éléments supérieurs a 1,6 mm produits au cours de l'essai qui est égouttée et séchée a l'étuve jusqu'a poids constant.



Figure 6-15 : L'essai de LOS ANGELOS CI-DESSOUS

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 6-2 : nombre de boules, de la masse de la charge

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 6-3 : Détermination de type de granulat en fonction du coefficient de los angles

Résultats et interprétations :

On définit le coefficient Los Angeles LA qui est un pourcentage en masse du rapport des éléments passant aux tamis de 1,6 et la masse initiale sèche.

$$LA = 100 \times (M - M1) / M$$

LA : Le coefficient Los Angeles

M1 : est la masse des éléments supérieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai

M : est la Masse du matériau soumis à l'essai

9.2 - Essais Micro Delval par voie sèche (MDS) :**• But de l'essai i :**

Déterminer la résistance à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un Granulat

• Domaine d'application :

Cet essai permet de mesurer la résistance à l'usure d'un échantillon de granulats.

En règle générale, l'échantillon est soumis à l'essai en présence d'eau, mais il peut aussi être effectué à sec.

Il s'applique aux granulats naturels et artificiels utilisés dans le bâtiment et les Grands travaux.

• Principe de l'essai i :

-La prise d'essai, constituée de 500g d'une classe granulaire (4/6, 6/10 ou 10/14 mm), est placée avec une charge constituée de billes d'acier de 10 mm de diamètre, dans un cylindre métallique.

-La rotation du cylindre autour de son axe placée horizontalement entraîne une usure par frottement granulats-billes et la formation d'une proportion de fines d'autant plus grande que le matériau est plus tendre. Le pourcentage de ces éléments fins produits au cours de l'essai constitue le coefficient Micro Deval.



Figure 6.16: les phases de l'essai MICRO-DEVAL

- **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 ».

- **Résultats et interprétations :**

Le coefficient Micro Deval est par définition égal au rapport :

$$m = M - m'$$

$$\text{CMD} = 100 \times m / M$$

M : masse de l'échantillon 500 ou 10.000 g selon la classe choisie.

m : masse du tamisât au tamis de 1,6 mm

Le résultat sera arrondi à l'unité. Le coefficient mesure le % d'usure, plus il est Petit plus la résistance à l'usure est grande.

9.3 - Essai Marshall :

- **But de l'essai :**

Détermination pour une température et une Energie de compactage données de la résistance mécanique dite « stabilité », de l'affaissement dit « fluage » et du quotient Marshall des éprouvettes de mélanges hydrocarbonés .

- **Domaine d'application :**

Cette procédure s'applique dans le laboratoire sur un matériau d'origine naturelle, dans le domaine des routes.

- **Principe de l'essai :**

Confection d'éprouvettes de mélanges hydrocarbonés par compacteur à impact selon un processus déterminé, puis essai de compression suivant une génératrice dans des conditions définies.

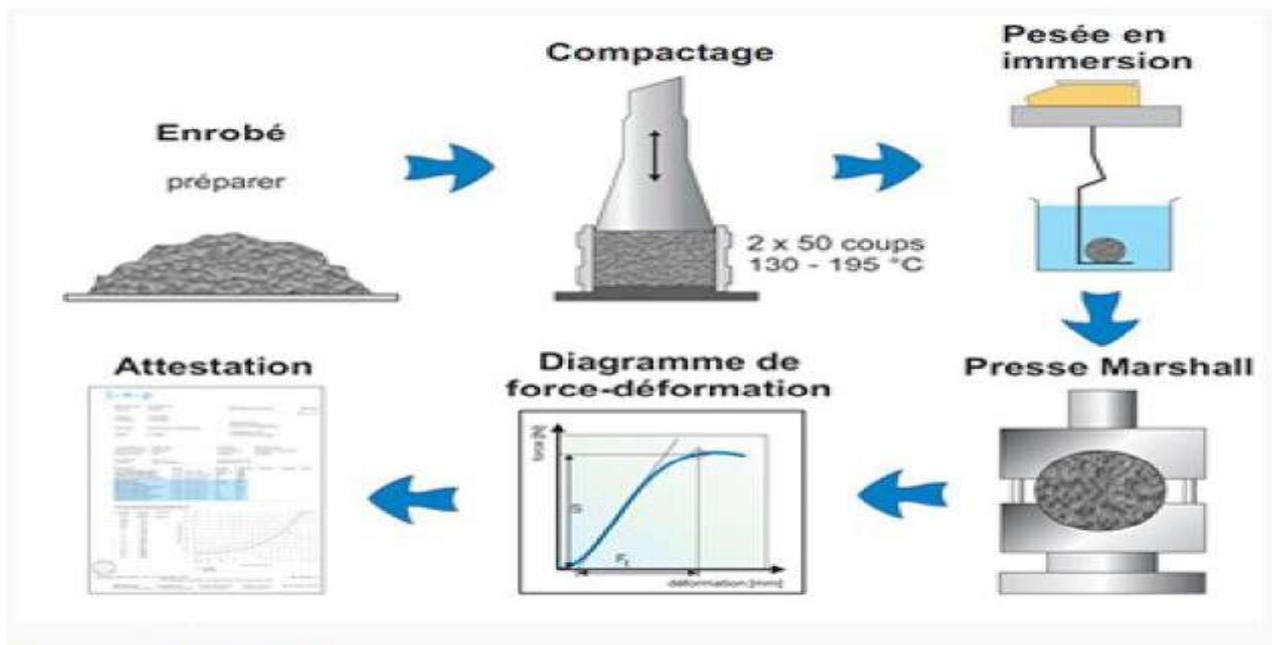


Figure 6-17: les phases de l'essai MARSHALL

Résultats et interprétations :

- Teneur en vides de l'enrobe [%-vol.]
- Masse volumique apparente de l'enrobe [g/cm³]
- Stabilité S [kN] et la valeur de fluage Ft [mm] .

10 - LES ESSAIS DE PARAMETRAGE HYDRIQUE :

10.1 - Essai CBR (California Bearing Ratio) :

- **But de l'essai :**

L'essai permet de déterminer la capacité de portance d'un sol compacte, en estimant sa résistance au poinçonnement, en fonction de son état, sa densité et son humidité, ainsi que les charges appliquées. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol sous conditions d'humidité et de densité contrôlées et du niveau de compactage variable, en permettant d'obtenir un pourcentage du rapport de portance. Cet essai CBR est utilisé pour le dimensionnement des structures des chaussées et l'orientation des travaux de terrassements.

Cet essai permet donc :

- D'établir une classification des sols (GTR)
- D'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI)
- De déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente ⇒ épaisseur diminue)

- **Domaine d'application :**

Cet essai s'applique sur la fraction inférieure à 20mm.

- **Principe de l'essai :**

Les essais de CBR sont effectués sur des échantillons compacts avec une teneur en humidité optimale, obtenus à partir de l'essai de compactage Proctor.

L'expression qui définit le CBR est la suivante :

$$\text{CBR} = \frac{p}{p_s} * 100$$

Ou :

P = est la pression mesurée dans les sols du site [N / mm²]

P_s = est la pression pour atteindre la pénétration égale sur sol standard [N / mm²].

L'équation représente le nombre CBR, qui représente le pourcentage de la charge Unitaire standard. Dans la pratique, le symbole de (%) est enlevé et le rapport est Représenté par un nombre entier.

Normalement le nombre CBR est basé sur le rapport de la charge pour une Pénétration de 2,5 mm (0,1 pouces), cependant si la valeur de CBR a une pénétration de 5mm (0,2 pouces) est supérieure, l'essai doit être répète. Si, au cours du deuxième essai, la valeur CBR dépasse les 5 mm de pénétration, cette valeur pourra être acceptée. Avant la détermination de la résistance à la pénétration, les éprouvettes peuvent être saturées d'eau pendant 96 heures pour simuler les conditions de travail les plus défavorables et pour déterminer sa possible expansion.

Dans la plupart des cas, 3 éprouvettes au moins sont confectionnées, auxquelles Sont appliquées différentes énergies de compaction (56, 25 et 10 de coups). Le sol doit avoir une petite quantité de matériel passant par le tamis de 50 mm et une retenue dans le tamis de 20 mm inférieure ou égale à 20%.

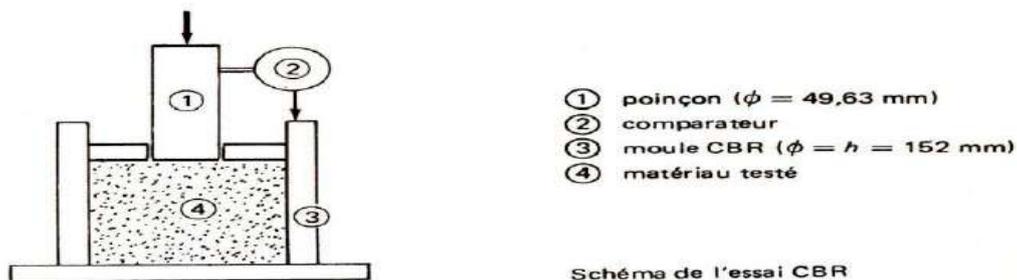


Figure 6-18 :ES Schéma l'essai CBR

• Résultats et interprétations :

Les résultats sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Sols:	Graves:
Portance CBR ₁ [%]	Portance CBR ₂
très élevée > 25	matériaux ronds ≥ 40 %
moyenne 6 - 12	matériaux concassés ≥ 80 %
très faible < 3	résistance au gel: CBR ₂ / CBR ₁ ≥ 0.5

- Si la fraction d'éléments supérieures à 20 mm excède 20%, l'essai perd sa signification. la quantité strictement nécessaire à l'essai est de 6kg.

La dispersion des résultats est grande.

- Si l'allure de la courbe n'est pas celle indiquée sur le diagramme, il est nécessaire de faire des corrections particulières.

10.2 - Essais Proctor :

• But de l'essai :

Déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale D' d'un sol granulaire par compactage à une Energie fixée (dame de poids, nombre de coups et dimensions normes).

• Principe de l'essai :

Lorsqu'on compacte de façon identique des échantillons d'un même sol, à des Teneurs en eau différentes, on constate que la densité sèche γ d varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée (dite optimale) W_{opt} .

Tableau VI.5 : Les caractéristiques des deux essai (Proctor normal, Proctor modifié).

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 6-4 : Les caractéristiques des deux essai (Proctor normal, Proctor modifié).

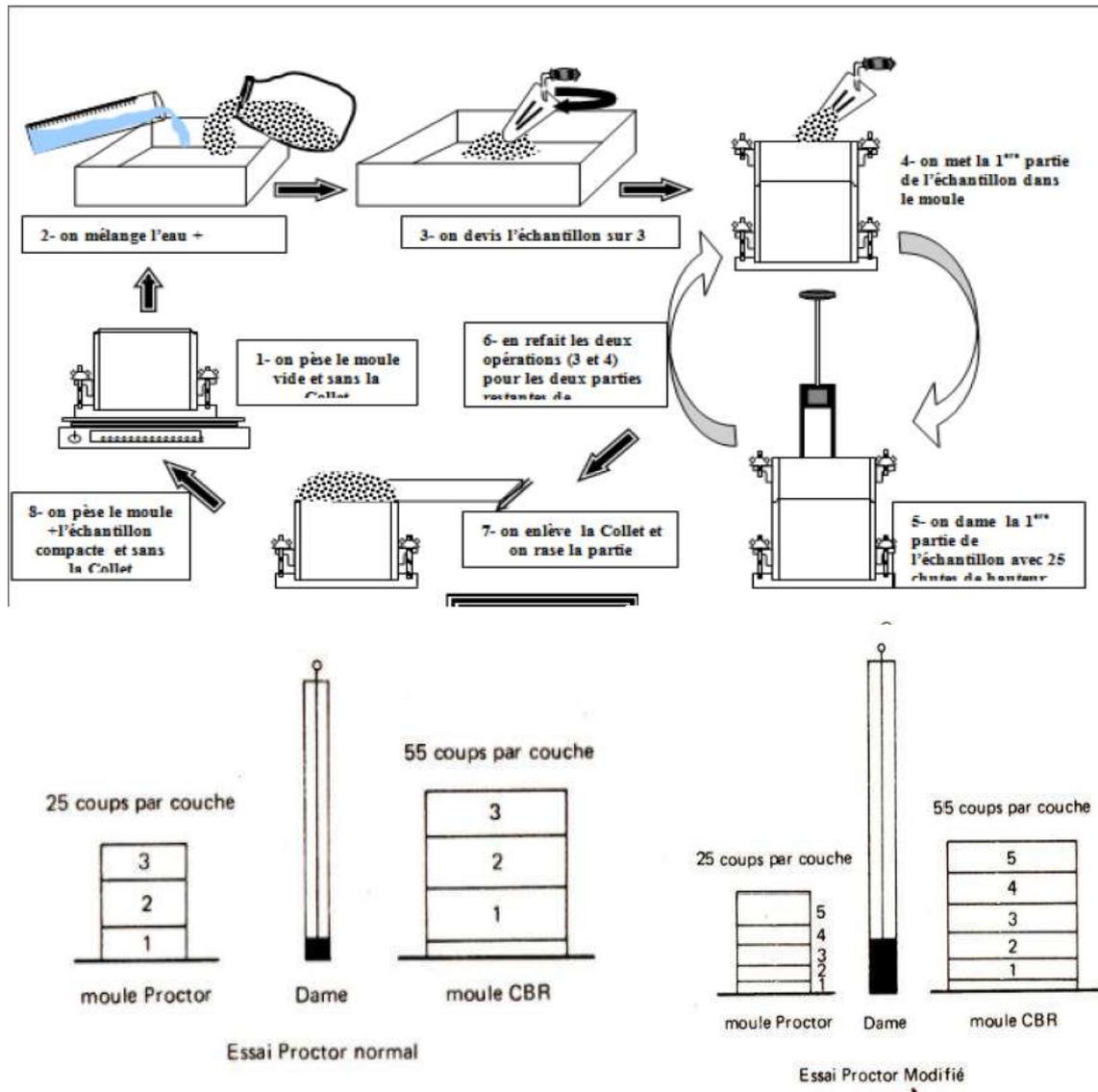


Figure 6-19 : les phases de l'essai Proctor (normal : modifier) .

• **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±0,1mm) .

- Une règle à araser constituée par une lame en acier.
- Une balance.

Type	Diamètre ϕ (mm)	Masse (g)	Hauteur de chute (mm)
P.N	50	2490	305
P.M	50	4535	457

Tableau 6-5 : la dame (PN, PM).

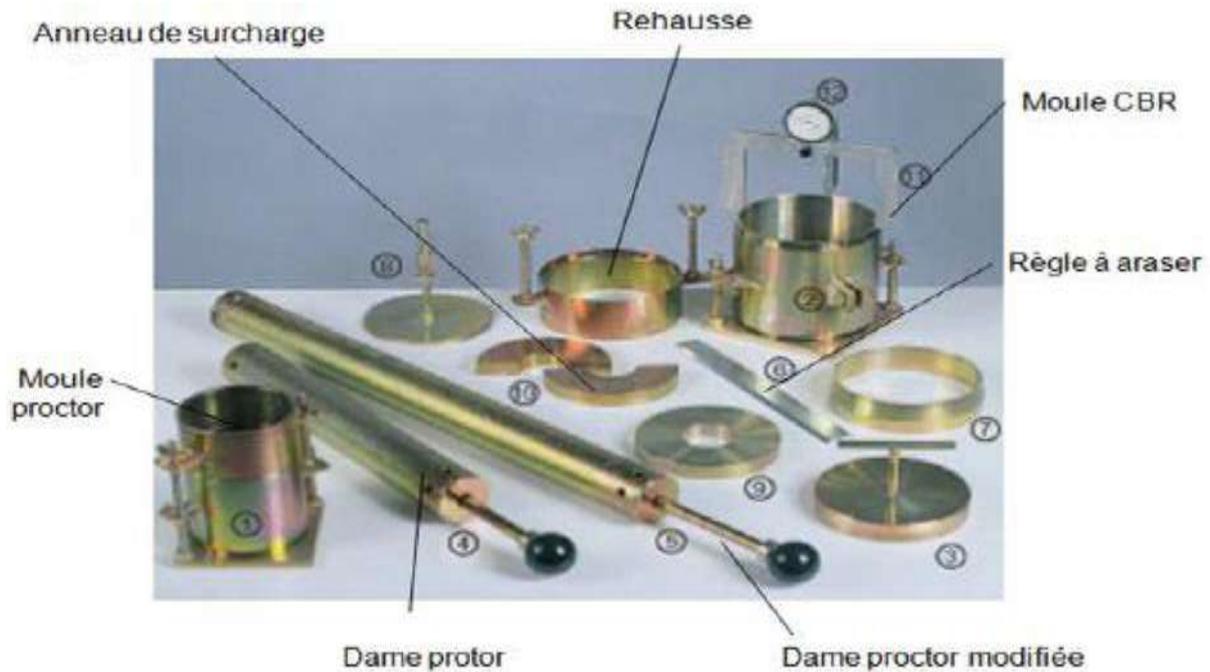


Figure 6-20 : l'essai Proctor

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.

11 -MATÉRIAUX CONSTITUANT DE NOTRE CHAUSSÉE :

11.1 - BETON BITUMINEUX (BB) :

a)-Définition :

Les bétons bitumineux sont des matériaux enrobés à chaud dont le squelette minéral est, en général, un grave concassé 0/10 ou 0/14 et, le liant, du bitume pur 40/50.

b)-Domaine d'utilisation :

Ce type de matériau est bien adapté aux couches de surface des chaussées à forts trafics en raison de ses bonnes caractéristiques mécaniques. Il est aussi bien utilisé pour les chaussées neuves qu'en renforcement.

c)- Constituants :

Granulats : La granularité du squelette minéral est de classe 0/10 ou 0/14 pour des épaisseurs moyennes de couche de roulement de respectivement, 6 et 8 cm.

Teneur en fines : La fraction sableuse (passant à 0.080 mm) doit être comprise entre 6 et 10 %.

Lorsque cette valeur est insuffisante pour une bonne composition du matériau, il Nécessaire d'adjoindre à la grave 0/D des fines d'apport. Celles-ci doivent avoir plus de 80 % d'éléments passant au tamis 0.080 mm et 100 % de passant à celui de 0.2 mm

Bitume :

Le bitume utilisé est, normalement, de classe 40/50. Dans certains cas (trafic modéré, route en altitude, etc.), il est possible d'utiliser un bitume moins dur tel que le 60/70 ou 80/100 si le risque d'orniérage n'est pas trop à craindre.

• **Epaisseurs technologiques de mise en oeuvre :**

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

Epaisseur minimale = 6 cm.

Epaisseur maximale =8 cm.

11.2 - GRAVE BITUME (GB) :

a)-Définition: Les graves bitume 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur).

b)-Domaine d'utilisation :

La technique des graves bitumes est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation), Réseau RP1 : Classes de trafic TPL3 à TPL7.

c)- Constituants :

Granulats : Les classes granulaires utilisées pour la fabrication des graves bitumes 0/20 sont les suivantes coupures granulométriques : 0/3, 3/8, 8/14, 14/20, (Indice de concassage $I_c = 100\%$).

Bitume :

Classe du bitume : 40/50 (pour le RP1).

• **Epaisseurs technologiques de mise en oeuvre :**

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

Epaisseur minimale = 10 cm.

Epaisseur maximale = 15 cm.

11.3 - GRAVE NON TRAITEE (GNT) :

a) -Définition :

Les GNT sont définies comme étant des graves 0/31.5, ne comportant pas de liant. On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration :

- 1- Les GNT de type « A » sont obtenus en une seule fraction.
- 2- Les GNT de type « B » sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale.

b) -Domaine d'utilisation :

Couches d'assises de chaussées (couche de base et couche de fondation) pour le réseau RP2. Couche de fondation pour le réseau RP1

Il existe différents types de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

c)- Constituants :

Granulats :

La granularité du GNT est de classe 0/20 et 0/31.5, Indice de concassage $I_c = 100\%$.

• **Epaisseurs technologiques de mise en oeuvre :**

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont

Epaisseur minimale =15 cm.

Epaisseur maximale =25 cm.

12 - APPLICATION AU PROJET :

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 assure 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.

12.1 - Etude de laboratoire :

Il faut suivre les étapes suivant :

- Analyse de bitume.
- Etude de composition des mélanges.
- Essai de performance mécanique sur l'enrobe.
- Analyse des agrégats.

12.2 - Les matériaux granulaire :

- Gravillon 15/25
- Gravillon 8/15
- Gravillon 3/8
- Sable 0/3

12.3 - Le bitume :

Formulation de mélange bitumineux :

12.3 - Grave bitume 0/20 :

❖ Choix de la formule granulaire:

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.

12.4 - La composition obtenue est la suivante :

La courbe granulométrique du mélange issu de cette formule s'inscrit parfaitement dans le Fuseau spécifique d'un grave bitume (0/20).

12.5 - Détermination des teneurs en bitume :

Les teneurs en bitume sur lesquelles porte l'étude sont évaluées à partir de la formule suivant : $\% \text{ liant} = k \cdot 5 \sqrt{\Sigma \alpha}$

Avec : Σ : surface spécifique conventionnelle

Dont : $\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 150 f$ (m²/Kg) 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 0.250

s = est la proportion des éléments compris entre 0.250 et 0.063

f = est la proportion des éléments passants au tamis de 0.063

k = module de richesse

α : coefficient correcteur ; dont $\alpha = 2.65 T / M^3$

Surface spécifique en m²/kg = 11.16

12.6 - 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 :

- **4.04** ; teneur en bitume 35/50 pour GB0/20

-pour BB0/14 : valeur optimale est de 5.74%, teneur en bitume 35/50

Les résultats des essais MARSHALL regroupés dans le tableau situé en annexe

13 - ESSAIS EN LABORATOIRE

: Programme des essais

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été effectués :

13.1 - Essais physiques

- Teneur en eau naturelle (NF P 94-050) • Analyse granulométrique (NF P 94-056)
- Densité apparente (NF P 94-053) • Limite d' Atterberg (NF P 94-051)
- Bleu de méthylène (NF EN 933-9)

13.2 - Essais mécaniques

- Essai Proctor modifié (NF P 94-093) • Essai CBR (NF P 94-078)

Résultat des essais au laboratoire :

Les résultats des essais sont donnés dans le tableau suivant :

13.3 - Caractéristiques intrinsèques et de fabrication des agrégats

(Matériaux de carrière BERRARA Ain touta est class)

13.4 - Essai LOS-ANGELES :

Fraction granulaire	Masse initiale	Masse final	Coef LA%
8/15	500àgr	3550	0.29

Tableau 6-6 : TABELLE DE Essai LOS-ANGELES

13.5 - Essai MICRO-DEVAL ;

FRACTION GRANULAIRE	Masse initiale	Masse final	Coef MDE %	MOYENNE
ECH1/ 8/15	500G	395.25	20.95	24.84
ECH2/ 8/15	500G	375.80	24.84	

Tableau 6-7 : Essai MICRO-DEVAL

13.6 - Taux de carbonate CaCO₃ ;

FRACTION GRANULAIRE	POURCENTAGE PONDEREAU
8/15	21

Tableau 6-8 : POURCENTAGE PONDEREAU

Selon autre essai granulaire (3/8- 8/15 -15/25) DU CARRIERE BERRARA AIN TOUTA son classe selon les norme XP P18-540 , ARTICLE 7(granulat pour couche de base et pour couche de roulement .

En ce qui concerne pour le sable il est de classe 0/4 PROPRE qui présente une teneur en fine appropriée.

14 - CONCLUSION :

Du point de vue portance, les valeurs CBR présentent des valeurs :

- CBR = 10, le sol est de la classe S2 dont la portance est MOYENNE.
- D'après les résultats de l'essai CBR= 10, nous recommandons un sectionnement de la couche de forme en visons la SUR CLASSEMENT de portance S1 (EV2=50Mpa) : puisque le terrain et de nature sable des dunes soit

Dison que notre terrain ou en va exécutée ce projet est homogène sur toute la longueur du projet on prend on considération la couche de forme selon l'abaque de la portance de sol et 40 CM en GNT.

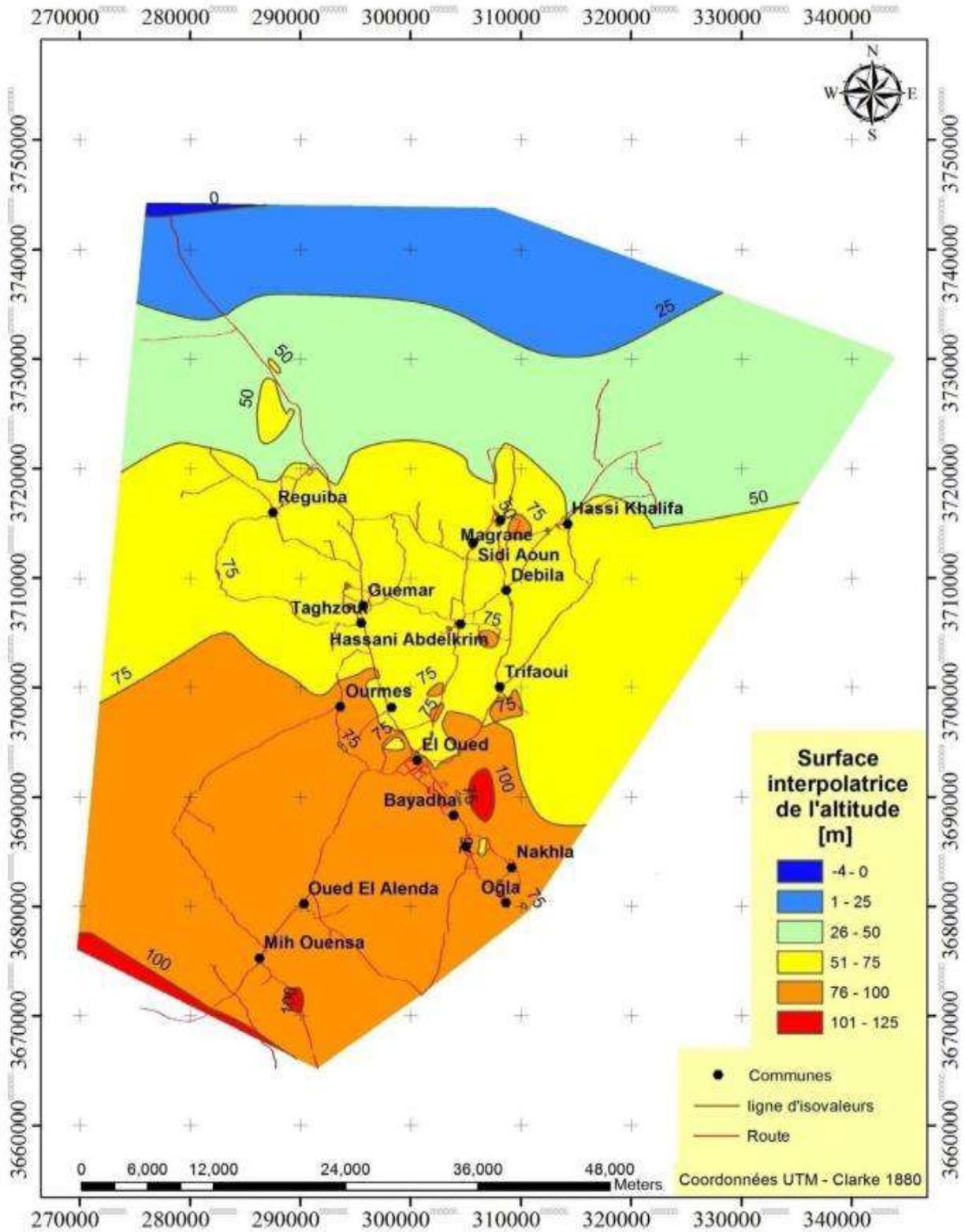


Figure 6-21 : Carte topographique de vallée du Souf (SIG 2009)

CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'OUED SOUF :

- La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles d'être aquifères.
 - Le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation Souterraines des eaux, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du continental intercalaire, et des accumulations sableuses Fulvio-lacustres de tertiaire continental.
 - Sur l'ensemble de la région d'El-Oued, les formations mi pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental.
 - Ce qui impose dans notre projet n'en prend pas en considération le perturbe des écoulements naturels d'eau.
- NB : - Ce qui néglige l'étude de rétablissement des écoulements naturels.**

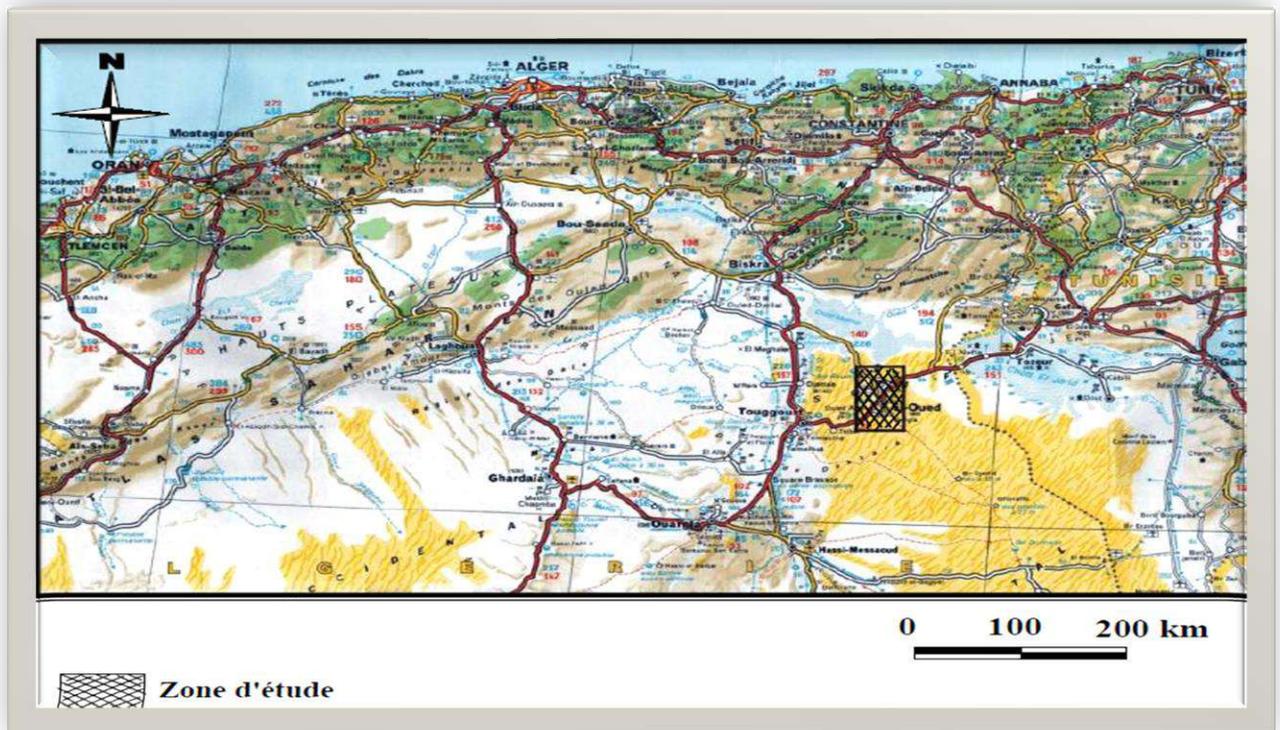


Figure 6-22 : Situation géographique de la zone d'étude (extrait de la carte Michelin 953)

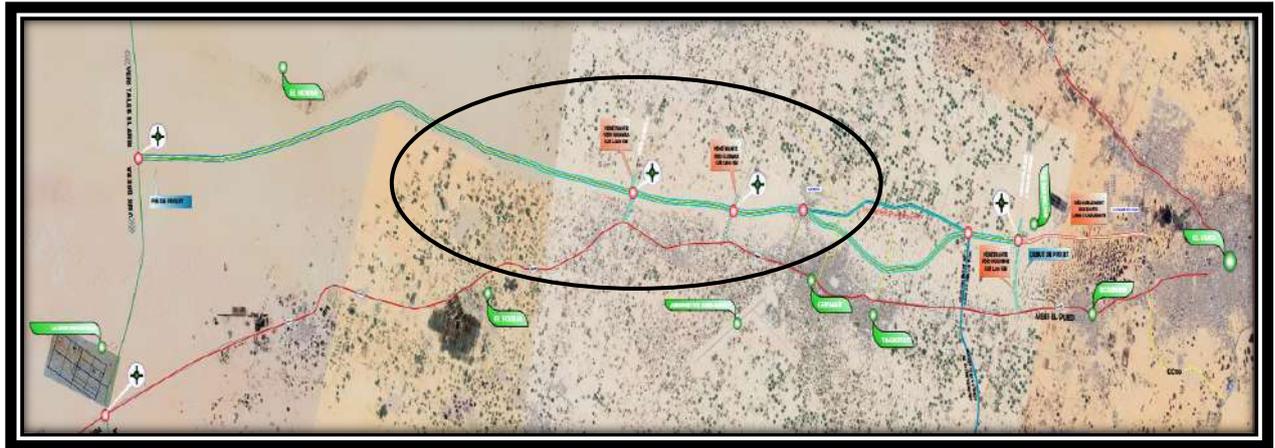


FIGURE6-23 : PLAN DE SYNOPTIQUE DE CONTOURNEMENT DE LA RN.48

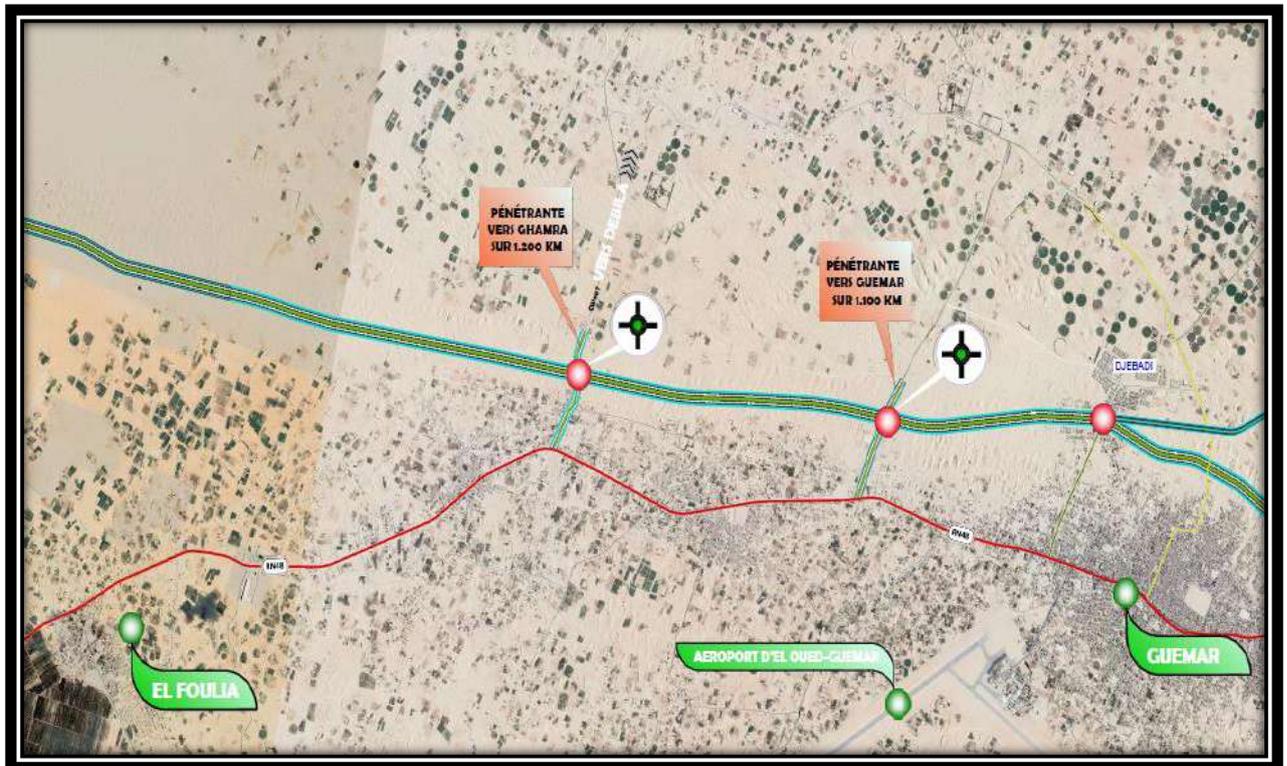


FIGURE 6-24 : PLAN DE SYNOPTIQUE DE NOTRE PROJET

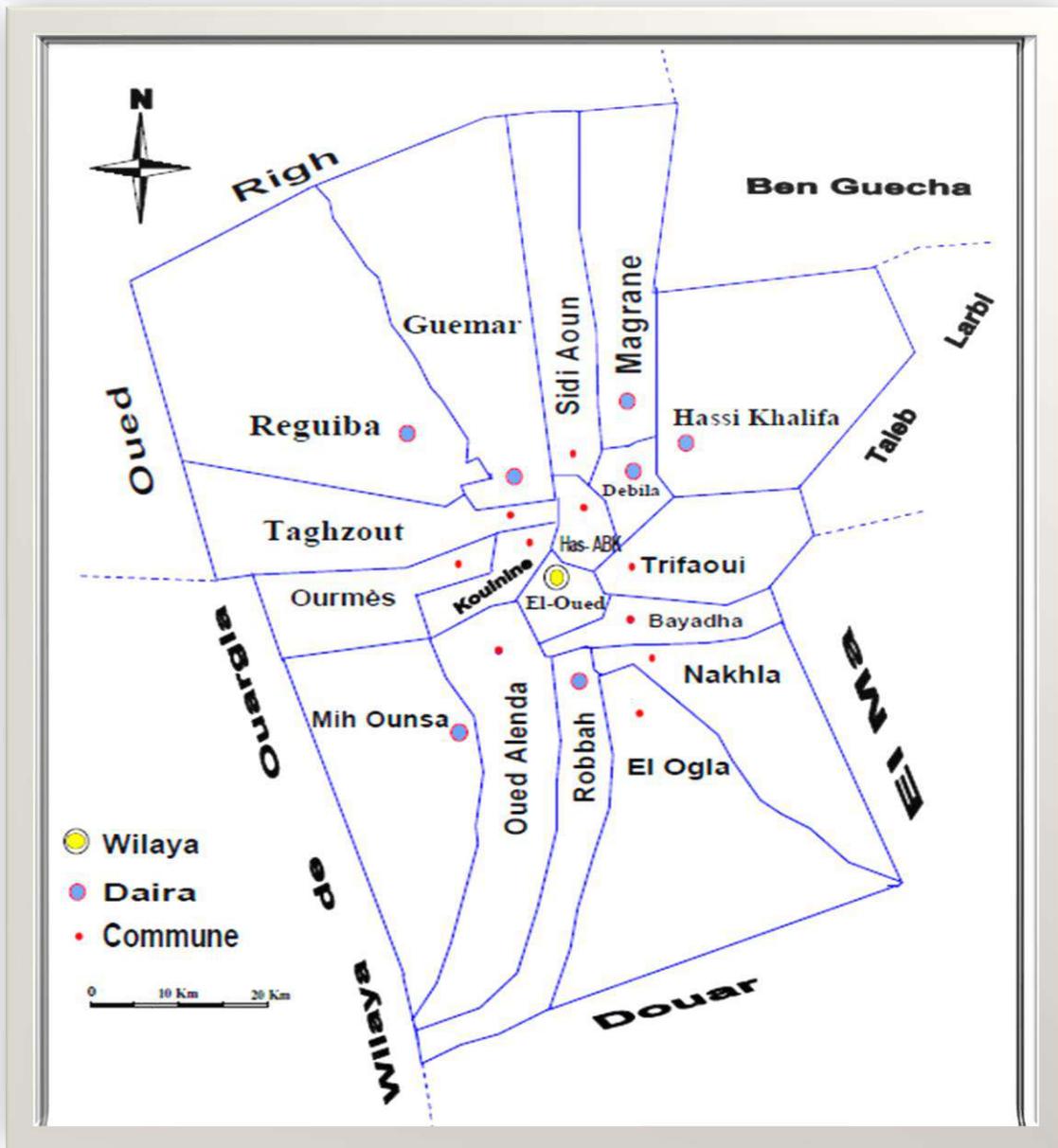


FIGURE 6-25 : Répartition administrative des chefs-lieux des Communes de la vallée d’Oued Souf

CHAPITRES VIII

SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS

1 . INTRODUCTION

2. L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE

3. CATÉGORIES DE SIGNALISATION

4. RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

5. TYPES DE SIGNALISATION

5.1 - SIGNALISATION VERTICALE

5.1.1 - Signaux de danger

5.1.2 - Signaux comportant une prescription absolue

5.1.3 - Signaux à simple indication

5.1.4 - Signaux de position des dangers

5.2 - SIGNALISATION HORIZONTALE

5.2.1 - Marquage longitudinal

5.2.2 - Modulation des lignes discontinues

5.2.3 - Marquage des chaussées

5.2.4 - Marquage transversal

5.2.5 - Autre marquage

6 – CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES

7 - CATÉGORIES DE PANNEAUX

8- APPLICATION AU PROJET

8.1 - Caractéristiques de la route

8.2 - Description de trace

9 – PANNEAUX DE SIGNALISATION ROUTIERE VERTICAL

9.1 - Signaux de danger type A

9.2 - Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction

9.3 - Panneaux de signalisation d'obligation (type D3)

9.4 - Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2) :

9.5 -Panneaux de signalisation de direction

9.6 - Borne kilométrique

9.7 - Démontions

10 - SIGNALISATION HORIZONTAL

10.1 - Signalisation adoptée pour notre projet

10.2 - Fleche de rabattement

11 - GLISSIERES DE SECURITE

11.1 – Définition

11.2 - Les glissières en métal

11.3 - Les glissières en béton

1. INTRODUCTION :

La signalisation routière enquière une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente. Le but de la signalisation est de rendre plus sur et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation Horizontale.

2. L' OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIÈRE :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sur la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières de police.

Elle n'a, et ne saurait avoir, le caractère d'une garantie assurée par la puissance publique aux Usagers de la route contre les risques et dangers de la circulation, les usagers de la route circulant toujours à leurs risques.

3. CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

4. RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent
- L'attention de l'utilisateur.

5. TYPES DE SIGNALISATION :

- On distingue deux types de signalisation :

5.1 - SIGNALISATION VERTICALE :

- Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet
- Emprunté par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.
- Elles peuvent être classées dans quatre classes :

5.1.1 - Signaux de danger :

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

5.1.2 - Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

5.1.3 - Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

5.1.4 - Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

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.

Elle se divise en trois types :

5.2.1 - Marquage longitudinal :

- *Lignes continues* :

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 discontinues* :

- 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.

1. Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
2. lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
3. ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

5.2.2 - Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de Modulation	Longueur du Trait (m)	Intervalle entre deux Traits successifs (m)	Rapport Plein/Vide
T1 T'1	3 1.5	10 5	$\approx 1/3$
T2 T'2	3 0.5	3.5 0.5	≈ 1
T3 T'3	3 20	1.33 6	≈ 3

Tableau 7-1 : Caractéristiques des lignes discontinues

5.2.3 - Marquage des chaussées :

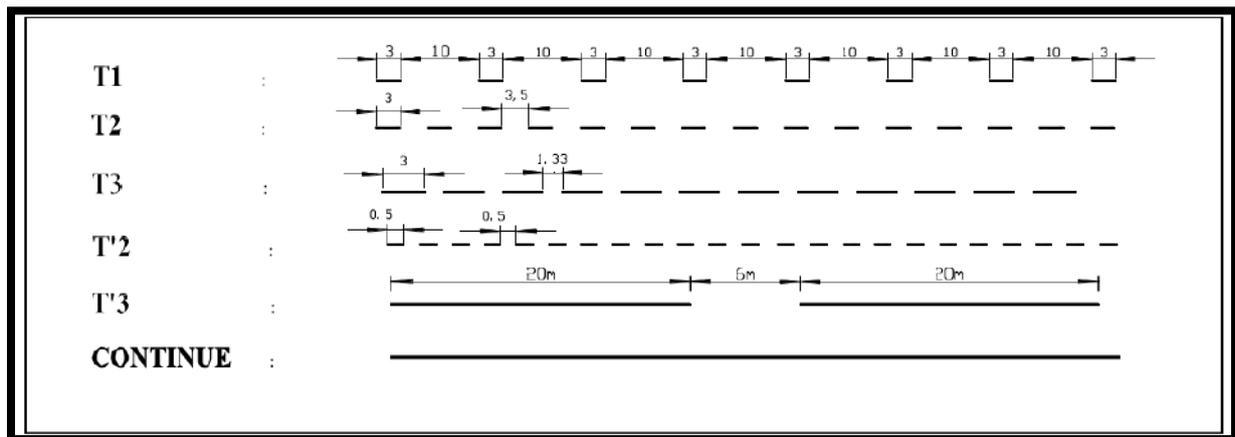


Fig7-1 : Types de modulation

- **T1**: Ligne de guidage ou délimitation des voies normales de circulation de même sens. (Largeur $l=15\text{cm}$).
- **T2**: Ligne utilisée pour délimiter les rives de la chaussée (largeur $l=18\text{cm}$).
- **T3**: Ligne de délimitation des voies d'insertion, les voies TAG, TAD (largeur $l=18\text{cm}$).
- **T'2**: Ligne transversale (Cédez le Passage, largeur $l=30\text{cm}$).
- **T'3**: Ligne utilisée pour délimiter les rives dans les rives de carrefours, (Largeur $=18\text{cm}$).
- **Ligne continue** : Qui est infranchissable et dont la largeur est de $l=18\text{cm}$ devant les îlots Directionnels.

5.2.4 - Marquage transversal :

- **Lignes transversales continue** :
Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinue** :
Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

5.2.5 - Autre marquage :

- **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.
- **Flèche de rabattement** :
Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique :

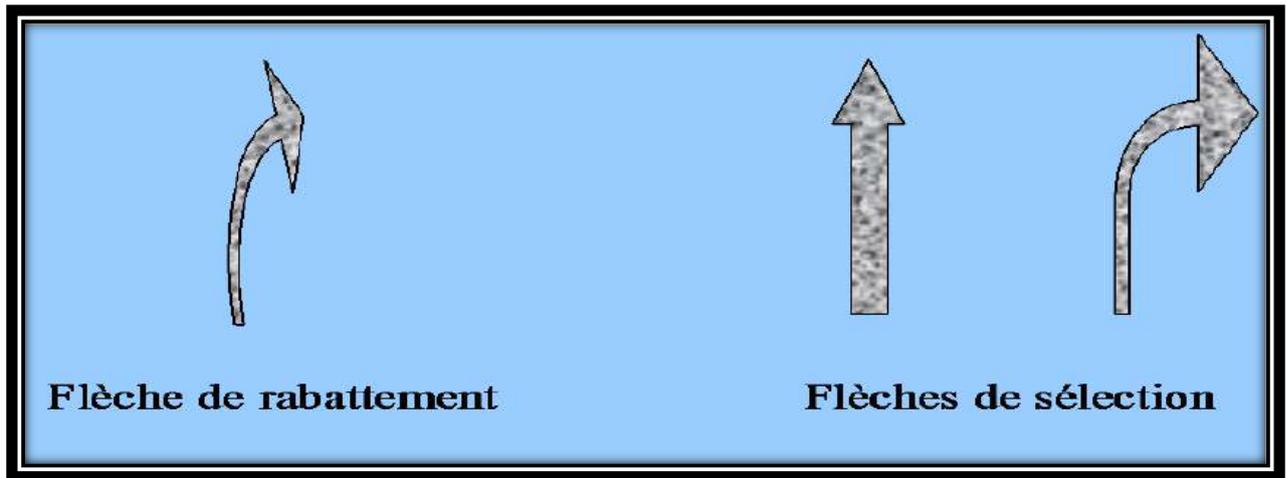


Fig 7-2 : Flèche de signalisation

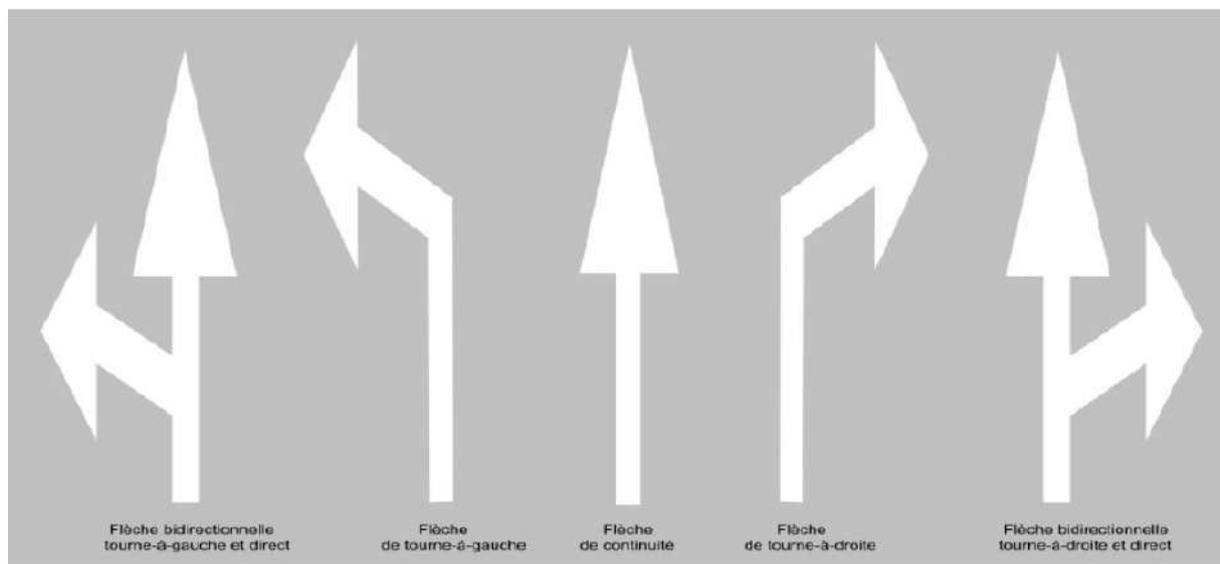


Figure 7.3 : Flèches rabattement et sélection

6 – CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :

Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.

- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir.
- U = 7.5 cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm sur les routes et voies urbaines « trafic > 3000 v/j ».
- U = 5 cm pour les autres routes.

7 - CATÉGORIES DE PANNEAUX :

1. Panneaux de danger ; (type A) triangle équilatéral, pointe en haut.
2. Signaux de réglementation, se subdivisant en :

- Signaux de priorités (type B).
- Signaux d'intersection ou de restriction (type C).
- Signaux d'obligation (type D).

3. Signaux d'indication.

8- APPLICATION AU PROJET :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Tout d'abord La référence sera l'instruction interministérielle de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15 juillet 1974.

8.1 - Caractéristiques de la route :

C'est un tracé neuf (en double voies) relie deux routes nationales de grand trafic à savoir la route national N°=48 et la route national N°=16, tout en assurant la liaison avec AEROPORT et l'évitement de la ville d'EL OUED.

8.2 - Description de trace :

1. début du tracé de la ville de Djebadi à la fin de la première tranche.
2. Le tracé passe a l'intersection de la CW 404 a 2 km de la RN48 et se termine à EL- FOULLIA.
- 3- La longueur complète de la route DE NOTRE PROJET, soit une distance de **8.50** kilomètres peut être parcourue en environ 11.35 minutes.

9 – PANNEAUX DE SIGNALISATION ROUTIERE VERTICAL :

9.1 - Signaux de danger type A



A14B

A1B

A1C

A1B



A1B



A22

9.2 - Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction :



C11a



C11a



C9

9.3 - Panneaux de signalisation d'obligation (type D3) :

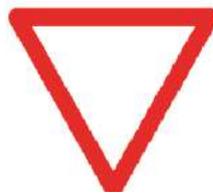


D3

9.4 - Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B1 et B2) :



B1



B2

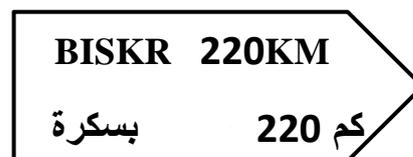
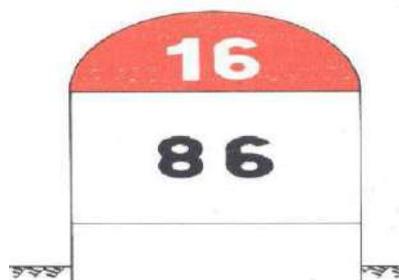
9.5 -Panneaux de signalisation de direction :



H3(3pieces par virage)

E3

9.6 - Borne kilométrique :



Sur chaque point Kilométrique RN48

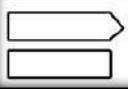
FORMES	COULEURS	
 danger	 Permanent	 Temporaire
 ordre	 Interdiction	 Obligation
	 Fin d'interdiction	 Fin d'obligation
 indication	 pour la conduite	 installations et aménagements
	Localisation	
	 nom d'un lieu	 itinéraire touristique
 direction	 locale	 autoroutière
	 ville importante	 temporaire

Fig 7.4: tableau de signification de chaque forme de signalisation vertical

9.7 - Démontions :

Gamme et type	 A	 AB4	 B	 AB6	 C et CE
Exceptionnelle					1 500 mm
Supérieure					1 200 mm
Très grande	1 500 mm	1 200 mm	1 250 mm	1 050 mm	1 050 mm
Grande	1 250 mm	1 000 mm	1 050 mm	900 mm	900 mm
Normale	1 000 mm	800 mm	850 mm	700 mm	700 mm
Petite	700 mm	600 mm	650 mm	500 mm	500 mm
Miniature	500 mm	400 mm	450 mm	350 mm	350 mm

Figure 7.5 : Démontions

10 - SIGNALISATION HORIZONTALE :

10.1 - Signalisation adoptée pour notre projet :

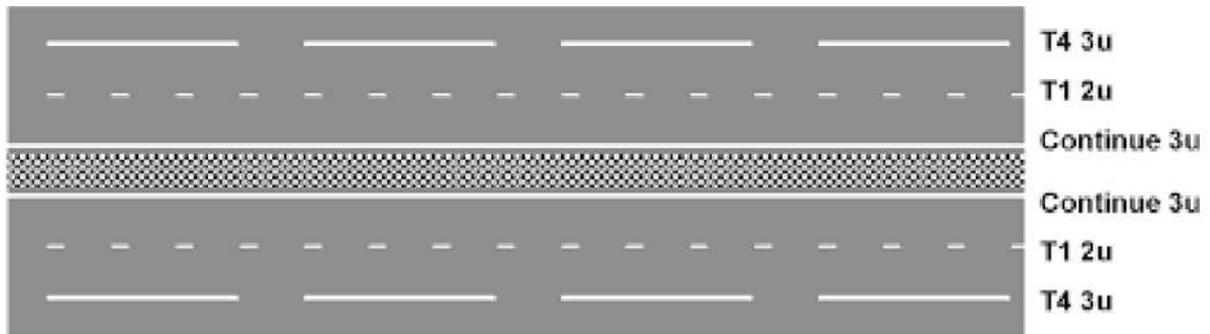


Figure 7.6 : Signalisation adoptée pour notre projet

NB ; Ces quantité sans pour le longueur total du projet 8.50 KM (les aménagements des Carrefours ne sont pas pris en compte)

code	nom	Quantités
T4 3u	Ligne discontinue	8500 ml x 02 = 17000ml
T1 2u	Ligne discontinue	8500 ml x 02 = 17000ml
Continue 3u	Ligne continue	8500 ml x 02 = 17000ml

Tableau 7-2 :ligne exécuté sur chaussée

10.2 - Fleche de rabattement :

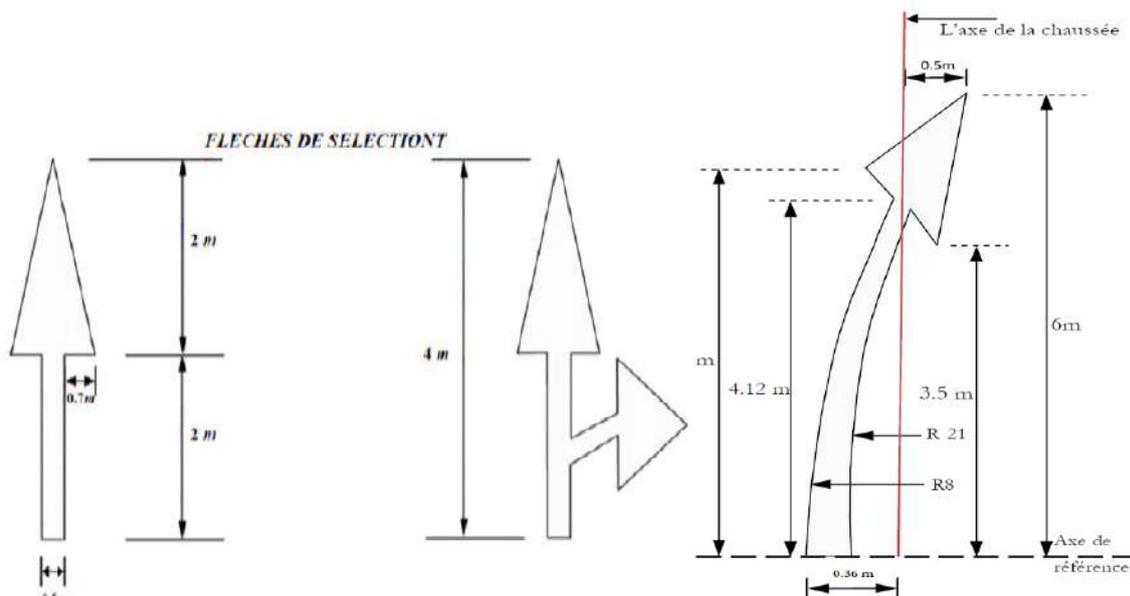


Figure 7.7 : flèche exécutée pour notre projet

11 - GLISSIÈRES DE SECURITE :

11.1 - Définition :

Une **glissière de sécurité**, parfois appelée « rail de sécurité » ou « garde-fou », est une barrière métallique, en **béton**, ou en **bois**, disposée le long d'une voie de circulation routière pour amoindrir la gravité des **accidents**, en évitant notamment les sorties de route.

11.2 - Les glissières en métal :

Les glissières métalliques, qui se retrouvent sur les routes ALGERIENNE depuis longtemps , sont fabriquées de telle sorte que, lors d'un choc avec un véhicule, celles-ci puissent se déformer de façon à rediriger le véhicule vers sa voie de circulation. Peu coûteuses et facilement adaptables à toutes les configurations de terrains, ces glissières sont celles le plus souvent rencontrées par les usagers de la route.

Ces rails de sécurité font cependant toujours débats car ils représentent des **risques accrus pour les motards** en cas de chute, qui peuvent passer sous le niveau de la glissière ou entrer violemment en contact avec l'un des poteaux.

NB : POUR NOTRE PROJET ON A PROPOSE GLISSIERE DE SECURITE METALIQUE D UNE COTE LA RAPIDITE D EXECUTION ET MOIN COUTEUX



Figure 7.8 : Glissière de sécurité métallique

11.3 - Les glissières en béton :

Si elles sont très efficaces, les glissières de sécurité en béton sont également **extrêmement coûteuses**. De plus, elles peuvent avoir un **impact très important sur l'environnement** en empêchant les animaux de traverser les voies, de par leur discontinuité. Ces différents éléments de sécurité sont donc, généralement, réservés à aux voies rapides et aux voies de montagne, nécessitant une protection accrue.

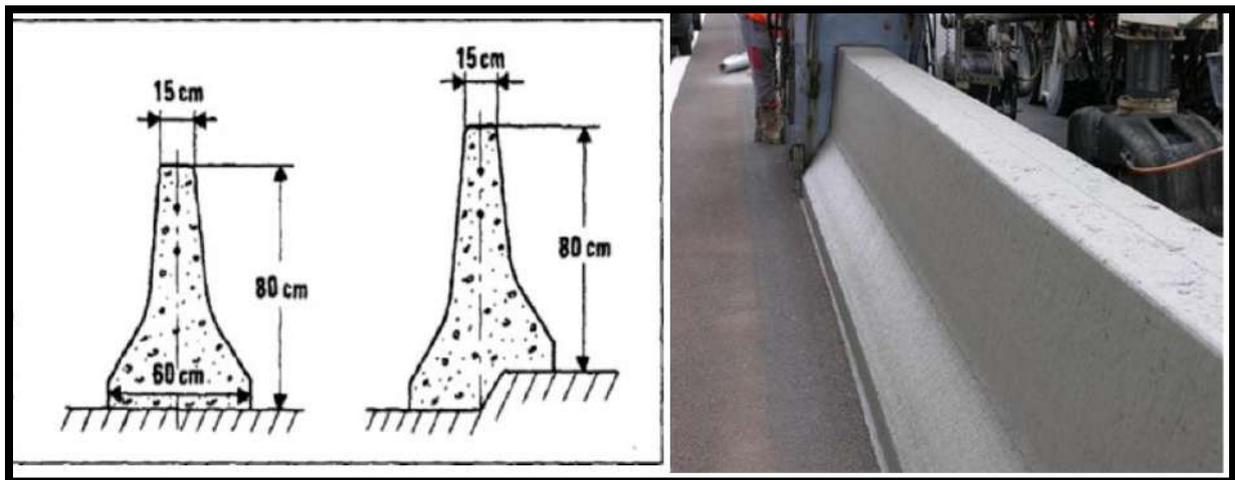


Figure 7.9 : Glissière de sécurité en béton



Les glissières en bois

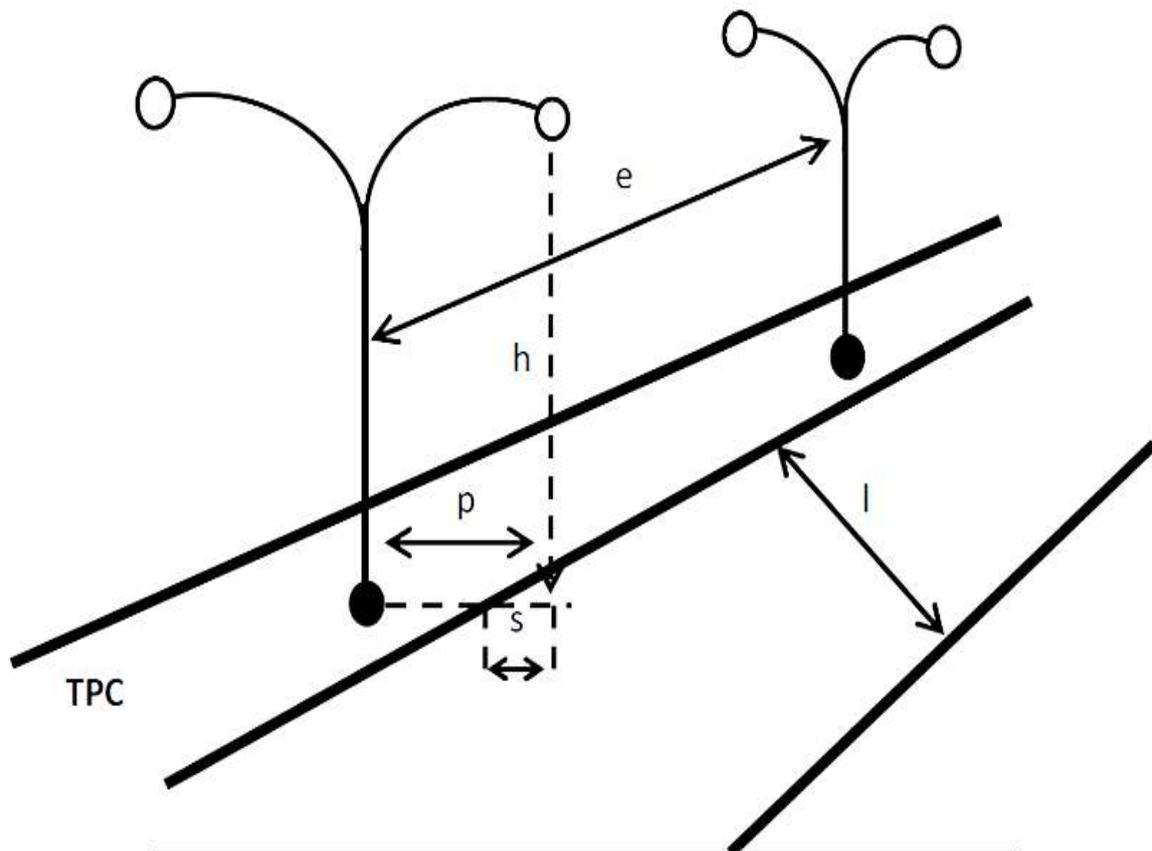


Les glissières en bois-métal

PARAMETRES DE L' IMPLANTATION DES LUMINAIRES : APPLICATION AU PROJET :

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des Dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment Rapprochés pour que les plages d'éclairément se raccordent sans discontinuité. La Hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, 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 (la voie express).



Paramètres de l'implantation des luminaires

CHAPITRE IX

AMENAGEMENT DES CARREFOURS

1. DEFINITION

2. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR

- 2.1 - La visibilité
- 2.2 - Priorité à droite
- 2.3 - La vitesse
- 2.4 - La sécurité
- 2.5 - La sélectivité
- 2.6 - Signalisation

3. TYPES DES CARREFOURS

3.1 - CARREFOURS DENIVELES (ECHANGEURS)

- 3.1.1 Avantages de l'échangeur
- 3.1.2 Inconvénients de l'échangeur

4. LES DIFFERENTS TYPES D'ECHANGEURS

- 4.1 - Echangeur majeur
- 4.2 - Echangeur mineur
- 4.3 - Echangeurs majeurs
- 4.4 - Echangeur mineur

5. CARREFOURS PLANS

- 5.1 - Carrefours plans ordinaires
- 5.2 - Carrefours en Y
- 5.3 - Carrefours en T
- 5.4 - Carrefours en X
- 5.5 - Carrefours à sens giratoire

6. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES AU CARREFOUR

- 6.1 - Triangle de visibilité
- 6.2 - Distance entre axes des deux branches d'un carrefour
 - 6.2.1 - Vitesse approche à vide
 - 6.2.2 - Distance entre carrefour
 - 6.2.3 - Les ilots

7. CARREFOURS GIRATOIRE

CHAPITRE IX

AMENAGEMENT DES CARREFOURS

1. DEFINITION :

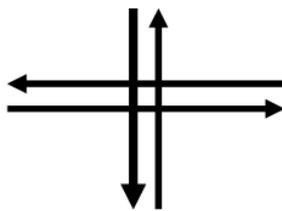
Une intersection est la rencontre au niveau de deux courants de circulations faisant entre eux un angle sensible.

Un carrefour est un croisement routier comportant des intersections.

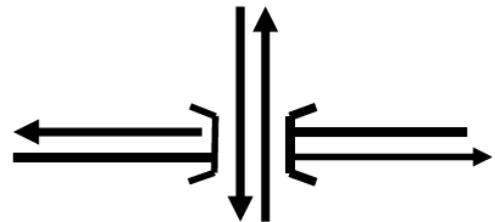
On distingue :

- Les carrefours à niveau ou carrefours plans.
- Les carrefours dénivelés ou carrefours à niveaux séparés dans lesquels certains Courants sont dénivelés. Ce terme est réservé au cas de deux routes à statut ordinaire.

Lorsque l'une des deux routes dénivelées est une voie rapide, le dispositif Correspondant est appelé diffuseur.



Carrefour à niveau



Carrefour dénivelé

2. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

L'aménagement des carrefours a pour but de permettre l'écoulement des débits de circulation dans des conditions normales de sécurité.

Les données essentielles à considérer en vue de l'aménagement d'un carrefour sont les suivantes :

- La fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte.
- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité.
- L'intensité est la composition des différents courants de circulation.
- Les vitesses d'approche des véhicules affluents.
- Les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et les causes des Accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré
- Les conditions topographiques et notamment l'incidence sur la visibilité en plan et en profil en long
- Les caractéristiques et les projets d'aménagement des sections adjacentes et des Carrefours voisins.

2.1 - La visibilité :

Dans toute la zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots. Il importe, en outre, de tenir compte de l'augmentation des distances d'arrêt en pente.

En cas où la visibilité est 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.

Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommet :

- Le point de conflit
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule.

2.2 -Priorité à droite :

Lorsqu'il aperçoit un véhicule prioritaire susceptible d'arriver en même temps que lui au point de conflit, le conducteur du véhicule non prioritaire doit se trouver à une distance du carrefour au moins égale à la distance d'arrêt sur obstacle éventuel. Le conducteur prioritaire doit se trouver lui-même à une distance du carrefour au moins égale à la distance parcourue pendant le freinage éventuel du conducteur non prioritaire.

2.3-La vitesse :

La géométrie du carrefour doit inciter les véhicules en provenance des voies affluentes à ralentir en fonction de la visibilité, en particulier pour les courants non prioritaires s'ils ont à respecter un signal d'arrêt.

2.4 - La sécurité :

Les cisaillements doivent se produire sous un angle voisin de 90° fournissant les Meilleures conditions de visibilité et d'appréciation de vitesse. La convergence ou la divergence de deux courants doit se faire tangentiellement.

2.5- La sélectivité :

Le tracé des couloirs et des îlots doit être réalisé de manière à pendre à l'aise les Manœuvres permises et à rendre difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites.

Les courants préférentiels de circulation doivent être nettement favorisés.

Les manœuvres de sortie doivent être favorisées autant que possible.

Les limites des îlots doivent être déterminées expérimentalement.

2.6 - Signalisation :

Il convient d'apporter une grande importance à la signalisation verticale et horizontale et, particulièrement, à celle des nez d'îlots séparateurs. Cette signalisation, qui doit être cohérente avec les hypothèses ayant servi de base à l'aménagement du carrefour, devra être particulièrement claire de manière à éviter toute hésitation perturbatrice. L'éclairage nocturne des nez d'îlots s'impose, généralement sur la route principale.

3. TYPES DES CARREFOURS :

On distinguera deux grandes familles de carrefours :

- a) – carrefours dénivelés (échangeurs).
- b) – carrefours plans.

3.1 - CARREFOURS DENIVELES (ECHANGEURS) :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un Carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les Voies qui se croisent.

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

Noeud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.

Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain Classique.

Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

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

3.1.1 Avantages de l' échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de Confort et de sécurité.
- Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Eviter les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « Problèmes d'encombrement bouchon ».
 - Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
 - Assurer la continuité du réseau autoroutier.

3.1.2 Inconvénients de l' échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, C'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit

Être pleinement justifié.

4. LES DIFFERENTS TYPES D' ECHANGEURS :

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs. Cependant, les types de Base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou De plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du Site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des Routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

4.1 - Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.

4.2 - Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

4.3 - Echangeurs majeurs :

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

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

4.4 - Echangeur mineur :

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

- Losange.
- Demi-trèfle.
- La trempette.

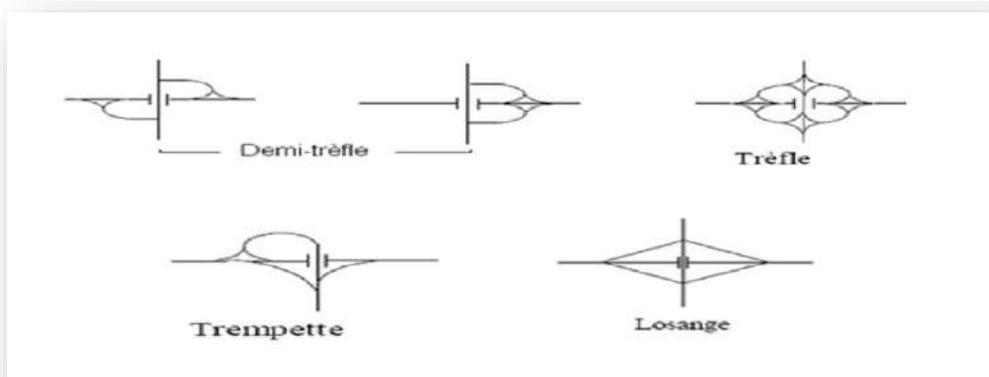


Figure 8. 1 : schémas CARREFOURS

5. CARREFOURS PLANS :

ce type de carrefour se divise en deux catégories.

5.1 - Carrefours plans ordinaires :

Ce sont des carrefours simples, Les types fréquemment utilisés sont :

- Carrefours en Y.

- Carrefours en T.
- Carrefours en X.
- Carrefours a sens giratoire.

5.2 - Carrefours 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.

5.3 - Carrefours en T :

C'est un espace où se réunissent trois branches en formant la lettre (T).

5.4 - Carrefours en X :

Ce type relie quatre branches qui se croisent formants un (X.) .

5.5 - Carrefours a sens giratoire :

Un giratoire est un carrefour dans lequel certains courants empruntent une chaussée annulaire continue.

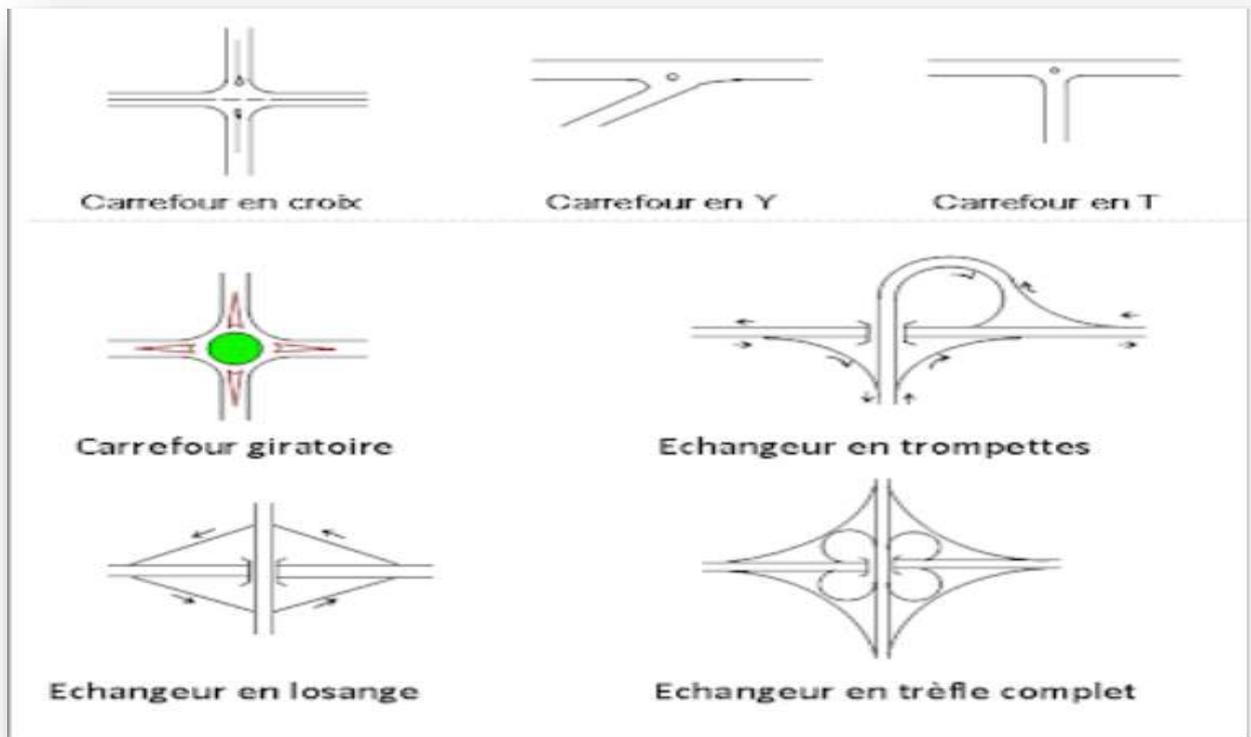


Figure 8. 2 : Type CARREFOURS

6. CARRACTERISTIQUES GEOMETRIQUES AU CARREFOUR :

- Triangle de visibilité
- Distance entre carrefour

- Distance entre deux branchements de carrefour
- Vitesse approche V0.
- Les ilots

6.1 - Triangle de visibilité :

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 précisés 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 correspondantes aux régimes de priorité envisagés).

Profil en travers de la route Principale		2 voies	2 voies + voie de T.A.G.	2 x 2 voies : Insertion à droite dans les Demi-carrefours
Stop	Temps conseillé	8 s	9 s	8 s
	Minimum absolu	6 s	7 s	6 s
Cédez le passage	Temps conseillé	10 s	11 s	9 s
	Minimum absolu	8s	9 s	7 s
Tourne-à-gauche vers la voie secondaire	Temps conseillé	8 s		
	Minimum absolu	6 s		

Tableau 8.1 : Temps de franchissement selon la largeur de la route franchie et le régime de priorité

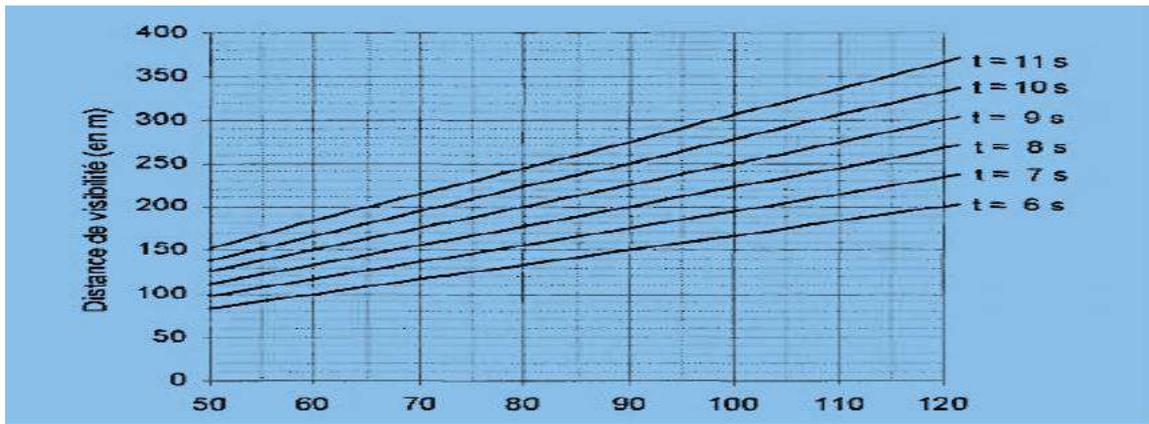


Figure 8.3 : Abaque donnant la distance de visibilité

La distance de vitesse pratiqué D est donnée par la formule :

$$D = V_{85} * t$$

D : distance de vitesse pratiqué en (mètre).

V₈₅ : la vitesse pratiquée en (mètre / seconde).

t : temp en (seconde) .

	2 x 2 voies	2 voies (6 et 7 m) et 3 voies	2 voies (5 m)
V85 (en fonction du rayon)	$120 / [1 + (346 / R^{1,5})]$	$102 / [1 + (346 / R^{1,5})]$	$92 / [1 + (346 / R^{1,5})]$
V85 (en fonction de la rampe)	$120 - 0,31p^2$	$102 - 0,31p^2$	$92 - 0,31p^2$

Tableau 8.2: Les formules de calcul de la V85 pratique

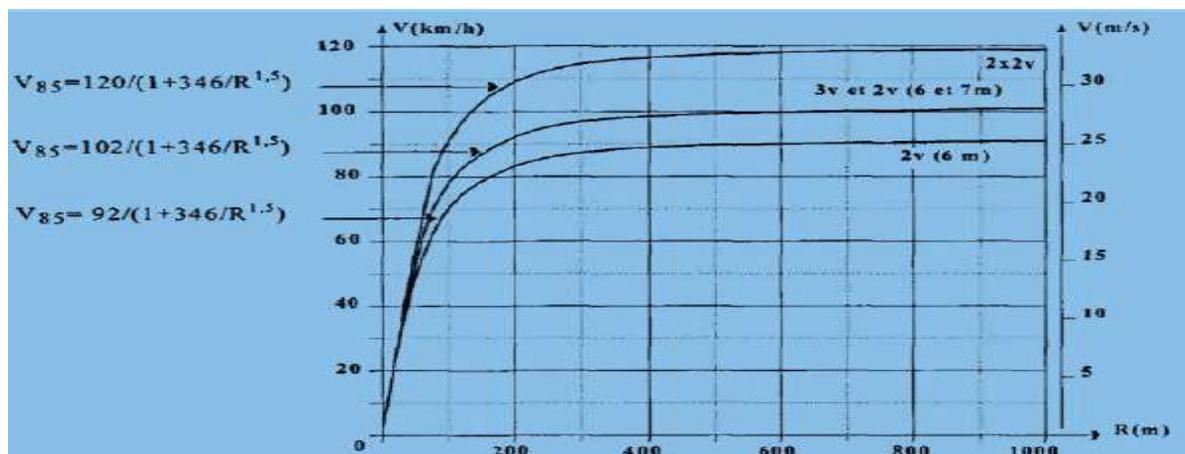


Figure 8.4 : Vitesse V₈₅ en fonction du rayon

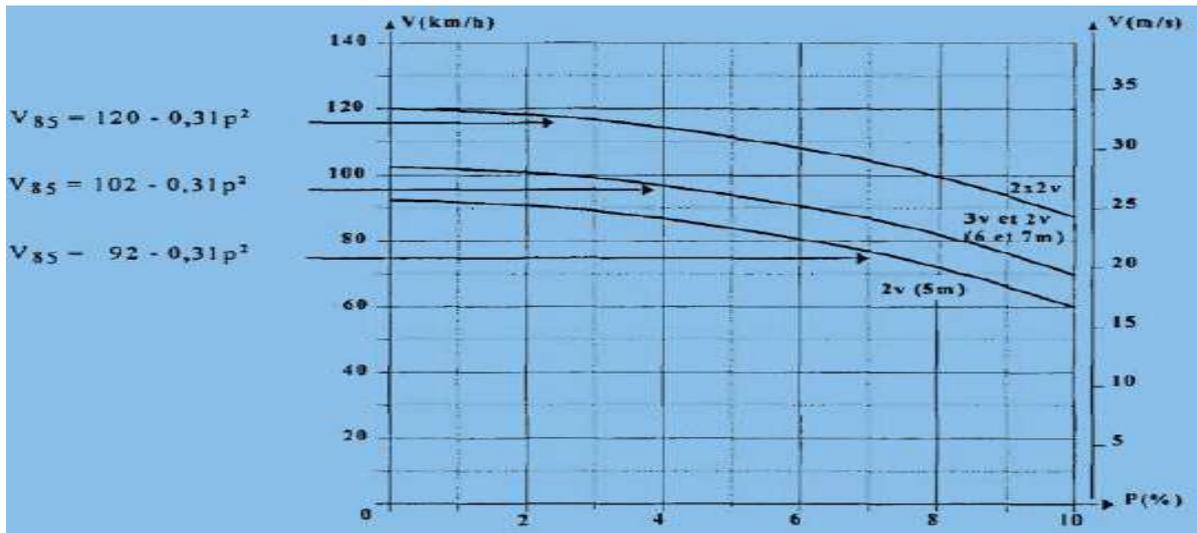


Figure 8.5 : Vitesse V_{85} en fonction de la rampe >250 m).

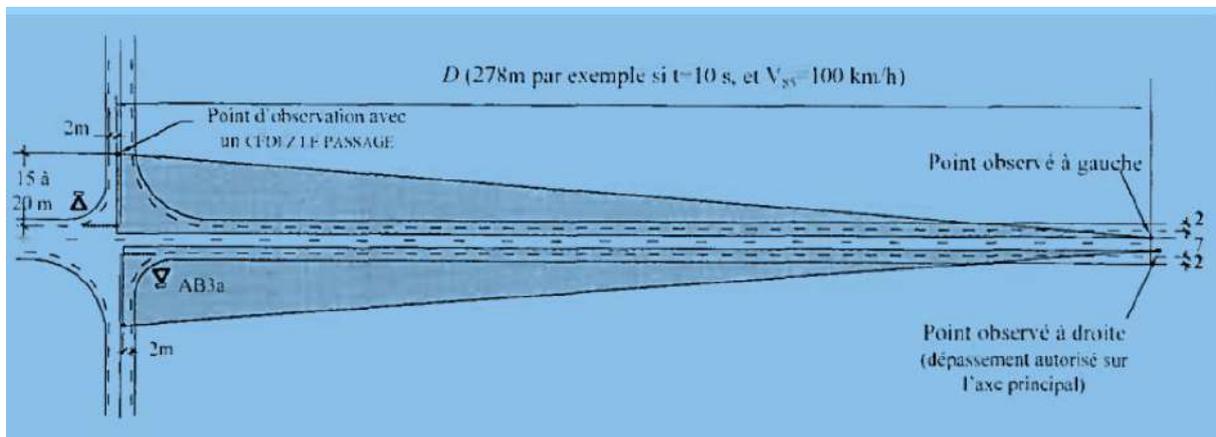


Figure 8.6 : triangles de visibilité pour les usagers de la route secondaire, en fonction du régime de priorité.

6.2 - Distance entre axes des deux branches d'un carrefour :

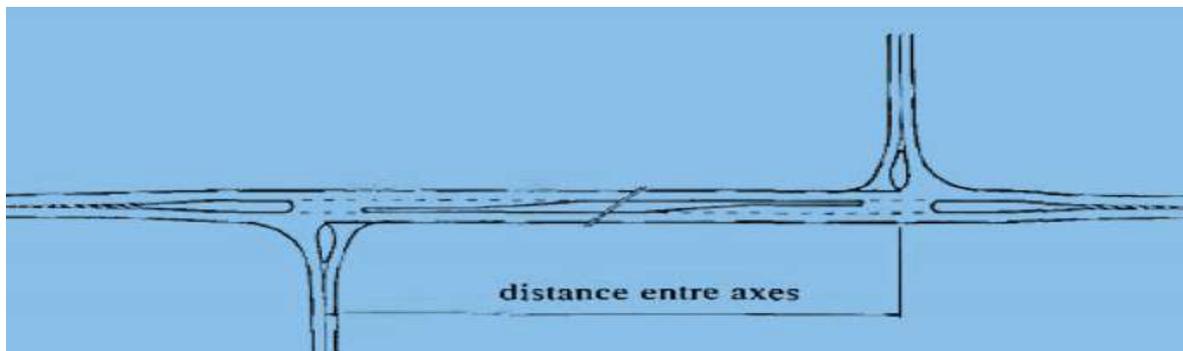


Figure 8.7 : Distance entre distance le carrefour

Largeur de la route principale < 6m :  Distances entre axes = 70 à 100 m

Largeur de la route principale > 6m :  Distances entre axes = 90 à 150 m

6.2.1 - Vitesse approche a vide :

Selon B40 **Donc pour notre projet : $V_0 = 80$ km/h.**

NB : peut-être plus élevée que la vitesse de référence.

6.2.2 - Distance entre carrefour :

Selon **B40 la** Distance minimale conseillée entre deux carrefours successifs aménagés, en doit respecter ce tableau dessous :

Vv pratique (en km/h)	60-70	80-90	100-110
Distance minimale conseillée (en m)	600	900	1200
Possibilité de dépassement (en m)	300	450	600

Tableau 8.3 : la Distance minimale conseillée Selon B40

6.2.3 - Les ilots :

Il représente un terre-plein entre deux voies de circulation qui a pour objectif de séparer les points de conflits, et son rôle principale a pour 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.

NB : En ce qui concernée notre projet on a choisi les glissières de sécurité métalliques au lieu les ilots.

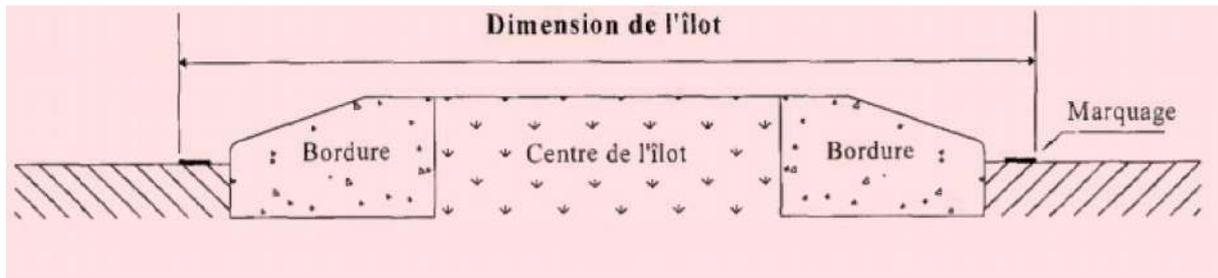


Figure 8.7 : type de l'îlot séparateur

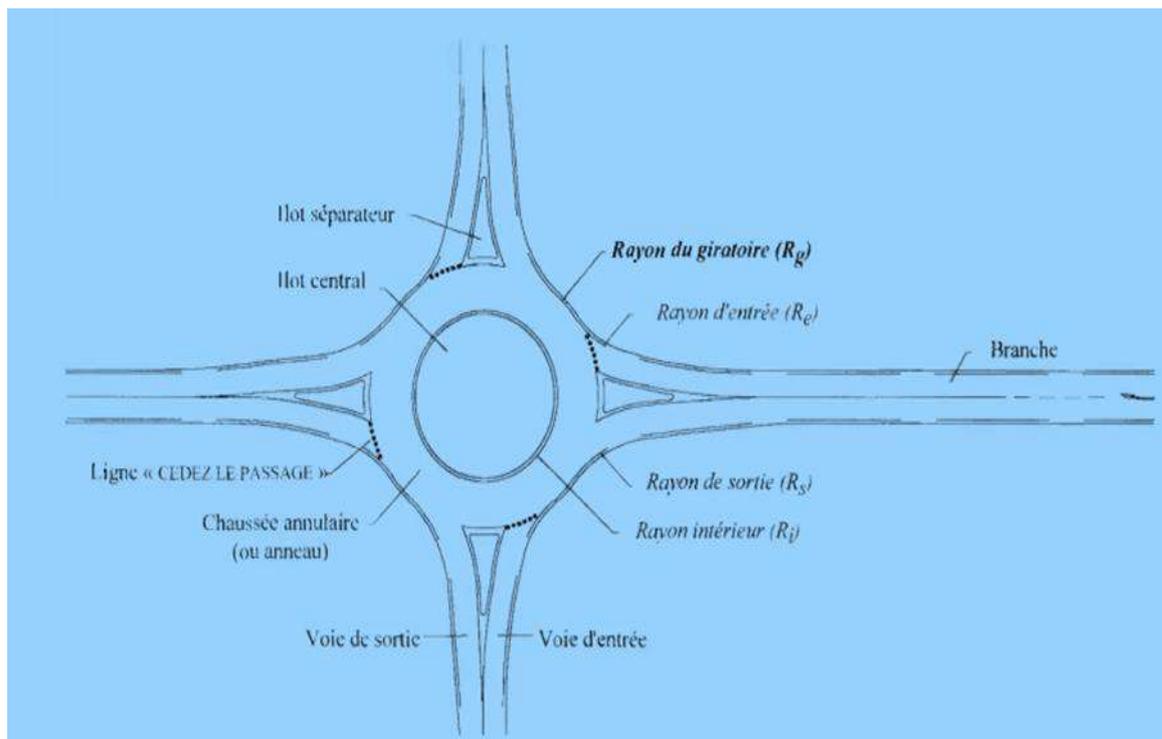


Figure 8.9 : principaux éléments et paramètre d'un carrefour giratoire

7. CARREFOURS GIRATOIRE :

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre de véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale).

Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°).

En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

Pour un tracer général des éléments du carrefour giratoire on prend en considération les principes généraux déjà énoncées :

- Condition de visibilité.
- Bonne compréhension (l'aménagement doit être clair).
- Cisaillement sous un angle de $90 \pm 20^\circ$

CARREFFOUR NUMERO 1

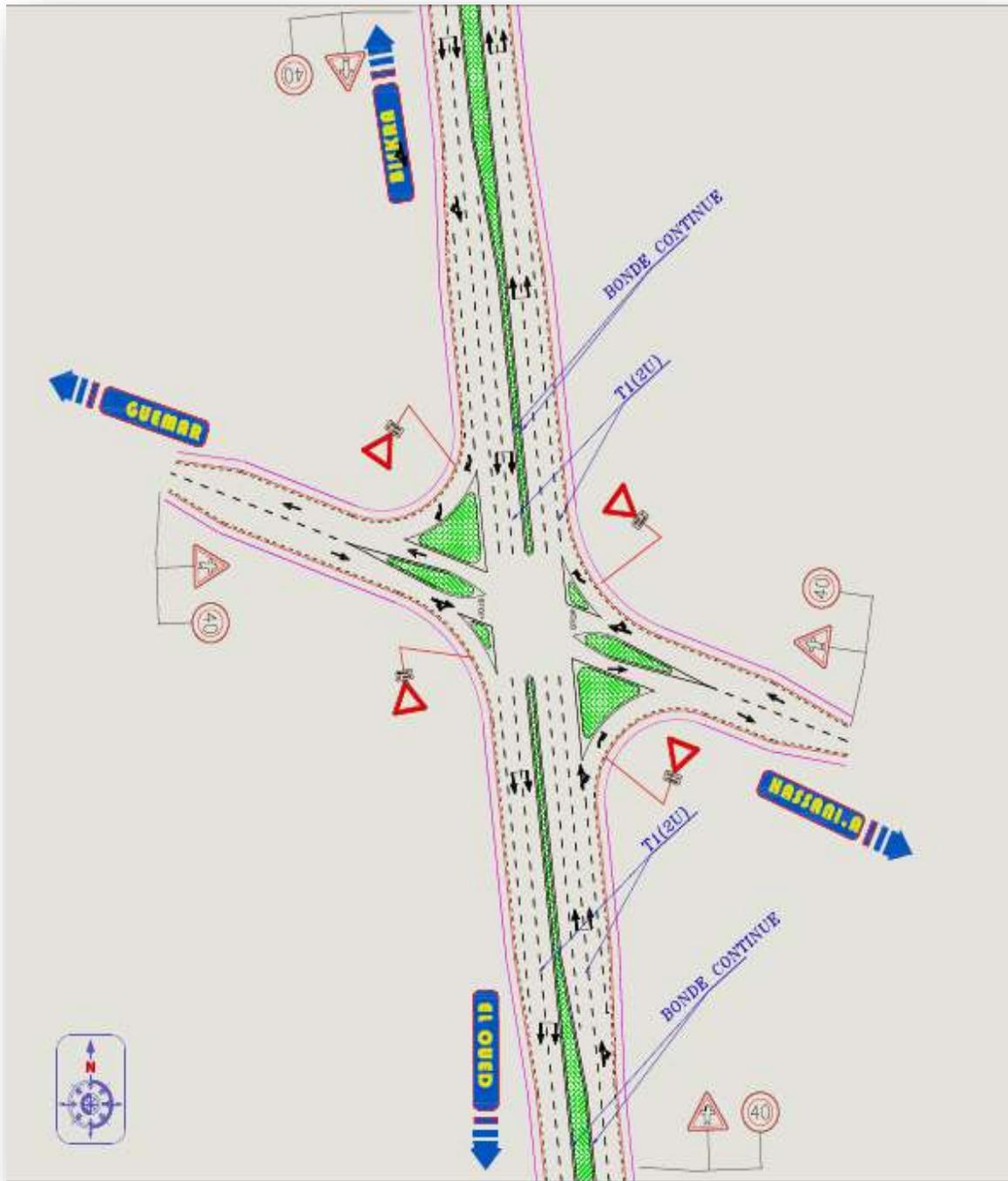


Figure 8. 11 : carrefour type croix + signalisation verticale et horizontale

CARREFFOUR NUMERO 2

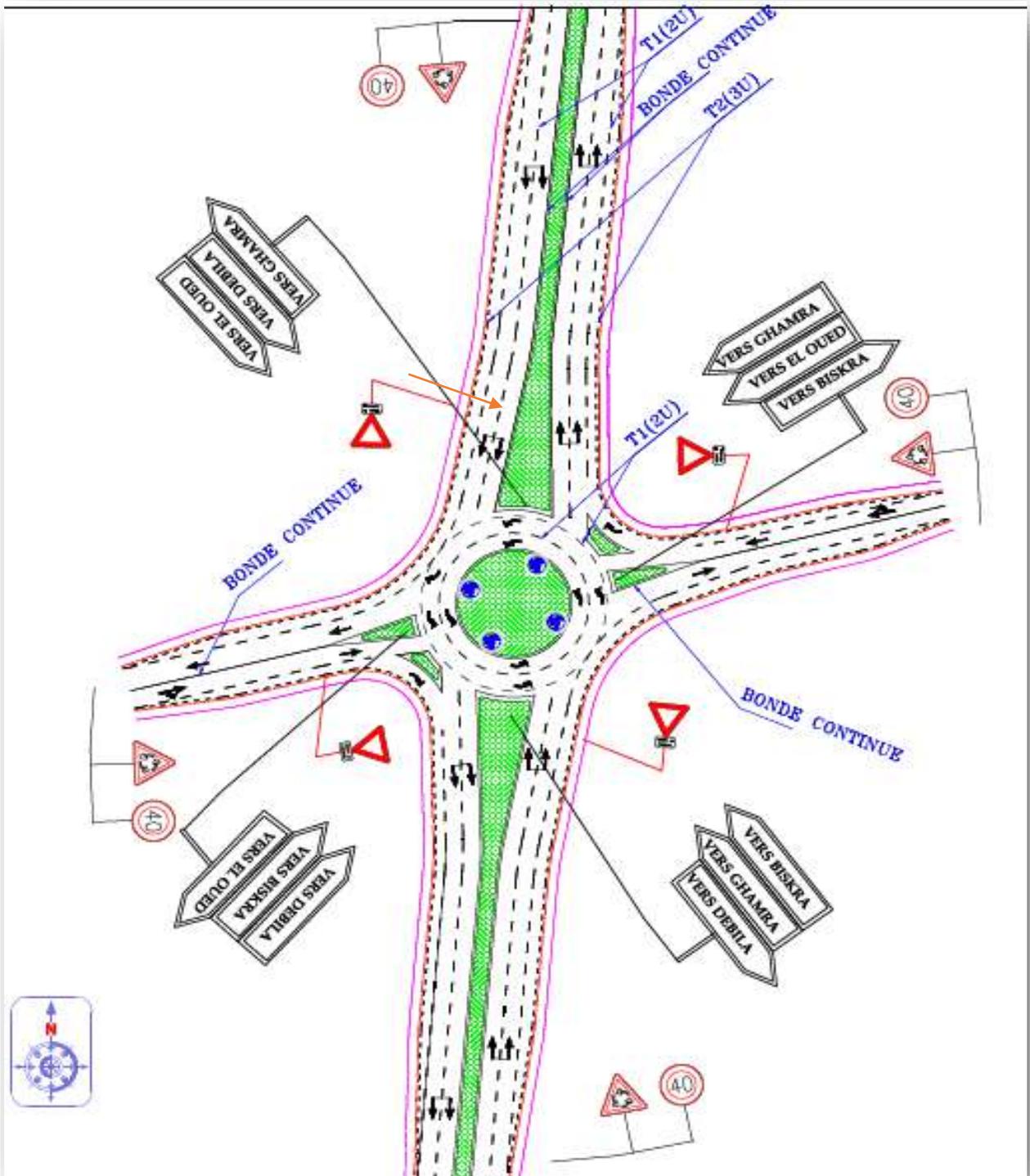


Figure 8. 12 : carrefour giratoire + signalisation verticale et horizontale

CARREFOUR NUMERO 2

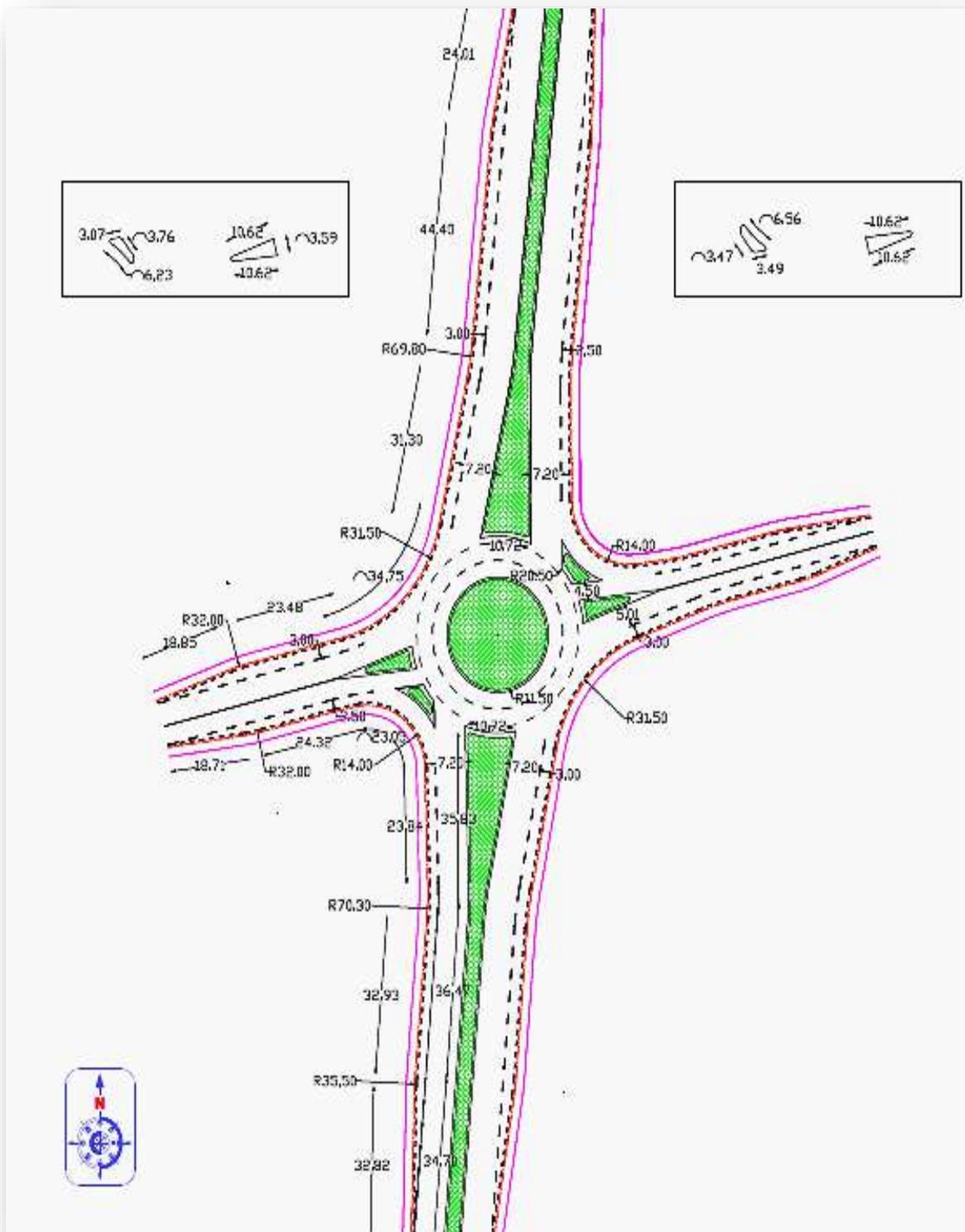


Figure 8.13: carrefour giratoire (les éléments de notre carrefour)

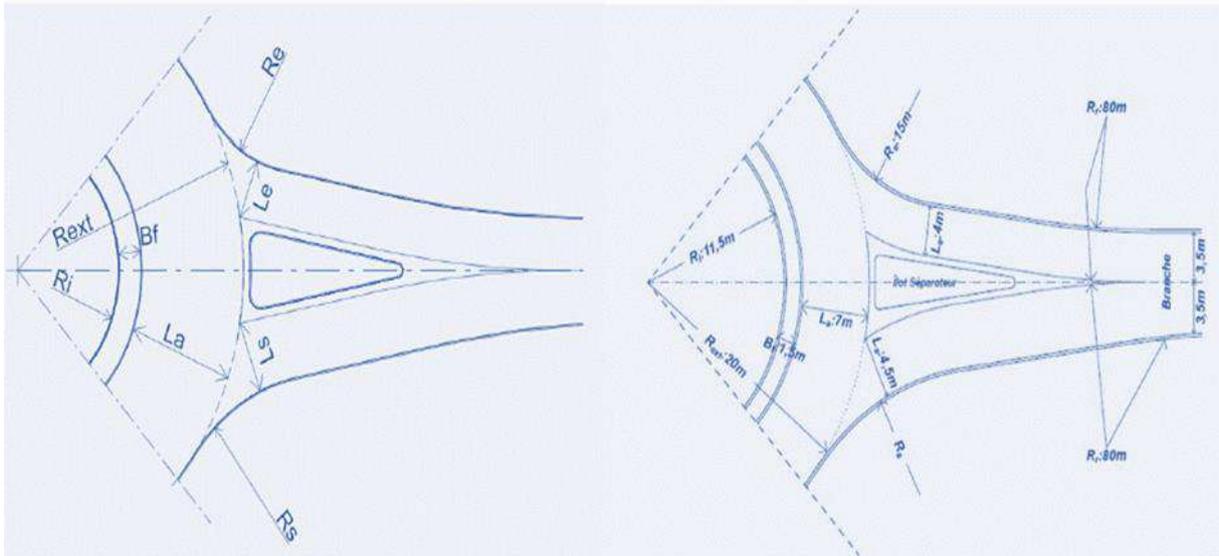


Figure 8.14: les éléments du carrefour giratoire

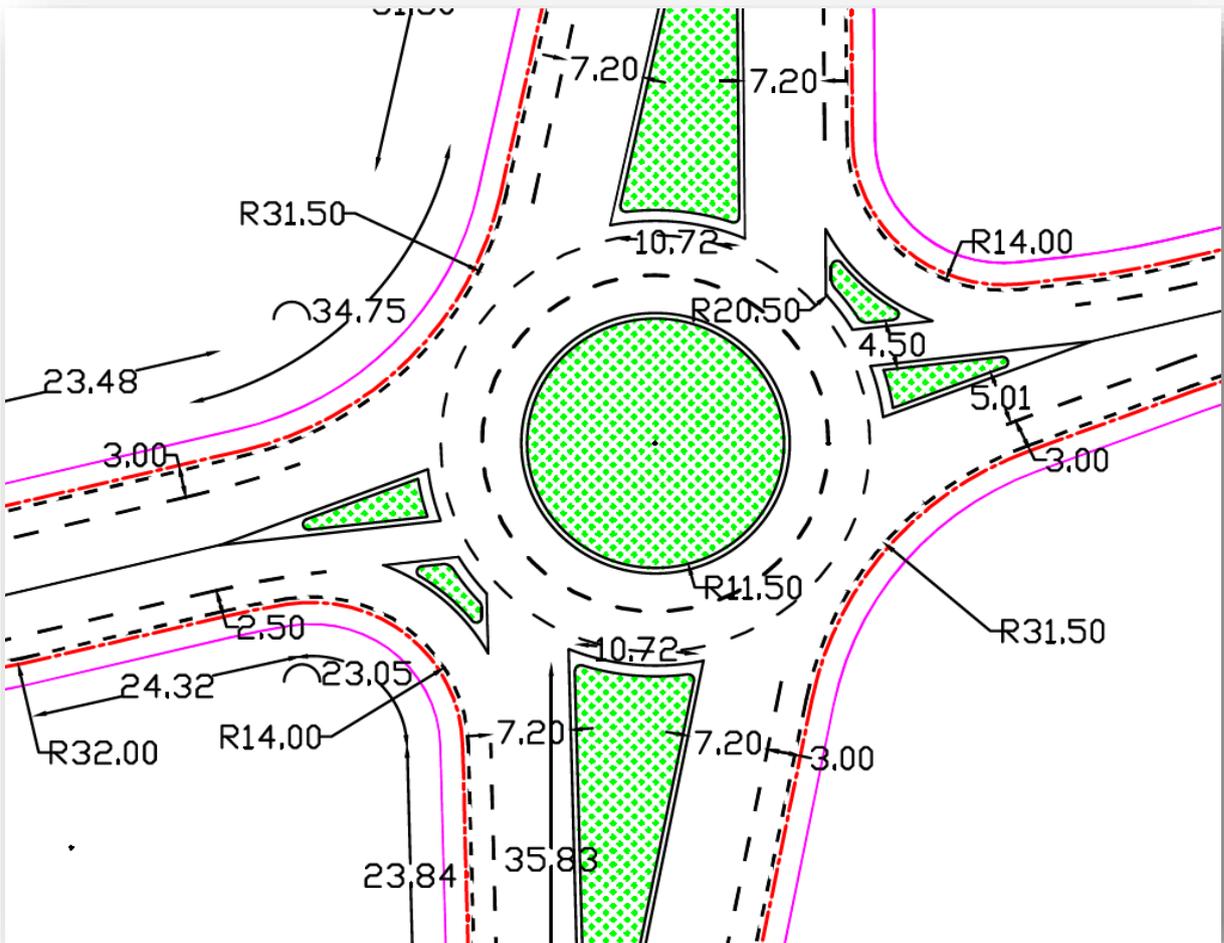


Figure 8. 15 : Schéma giratoire (Les éléments de notre carrefour)

Type : R ext = 20.50 R s = 11.50 m

	Rayon du giratoire	Paramétrage	Valeurs de référence
Rext	Rayon du giratoire	Paramétrage	20.50 m
La	Larguer de l'anneau	$6 \text{ m} \leq la \leq 9 \text{ m}$	8.5
SLa Bf	Sur larguer roulant Bande Franchissable	1,5 si $R_{ext} \leq 15 \text{ m}$	1,5
Ri	Rayon intérieur	$R_{ext} - la - Sla$	11,5
Re	Re Rayon d'entrée	$10 \text{ m} \leq Re \leq 15 \text{ m et } \leq R_{ext}$	14
Le	Largeur de la voie entrante	$Le = 4 \text{ m}$	5
Rs	Rayon de sortie	$15 \text{ m} \leq Re \leq 30 \text{ m et } > Ri$	31.50
Ls	Largeur de la voie sortante	$4 \text{ m} \leq la \leq 5 \text{ m}$	4.5
Rr	Rayon de raccordement	$Rr = 4 R_{ext}$	82

Tableau 8.4 : Dimensions d du giratoire

Recommandation :

Le premier carrefour est giratoire à 4 branches lettre X PK 250.000 :

Selon B40 pour les routes à 2 x 2 bandes, un rayon extérieur de 30 m est recommandé.

- La position de ce carrefour et situe a l'intersection de Ghamra vers hassani (CW) et la RN48 BISKRA- EL-OUED NORD/SUD.

Dans ce cas en a aménagée ce carrefour avec des ilot triangulaire au lieu d'exécutée une giratoire.

Le deuxième carrefour est giratoire à 4 branches lettre PK 4+120 :

La position de ce carrefour et situe a l'intersection de Ghamra vers DEBILA (CW) et la RN48 BISKRA- EL-OUED NORD/SUD.

Dans ce cas en a aménagée ce carrefour avec des ilot triangulaire avec une giratoire.

CARREFOUR 01 FORME DE : X	
Géométrie	
Gabarit utilisé	Interurbain (30m)
Circulaire	OUI
Coordonnées du centre	X=19476.46
	Y=86769.97
Rayon extérieur	31.50m
Rayon intérieur	11.50m
Largeur	8m
Surlargeur franchissable	0.000 m
Distance de marquage extérieure	0.50m
Distance de marquage intérieure	0.50m

Tableau 9.5 : Les caractéristiques géométriques du carrefour2.

	Rayon du giratoire	Paramétrage	Valeurs de référence
<i>Rext</i>	Rayon du giratoire	Paramétrage	30m
<i>La</i>	Larguer de l'anneau	$6 m \leq la \leq 9m$	8
<i>SLa</i> <i>Bf</i>	Sur larguer roulant Bande Franchissable	1,5 si $Rext \leq 15m$	
<i>Ri</i>	Rayon intérieur	$Rext - la - Sla$	22
<i>Re</i>	Re Rayon d'entrée	$10 m \leq Re \leq 15 m$ et $\leq Rext$	15
<i>Le</i>	Larguer de la voie entrante	$Le = 4 m$	4
<i>Rs</i>	Rayon de sortie	$15 m \leq Re \leq 30 m$ et $> Ri$	20
<i>Ls</i>	Larguer de la voie sortante	$4 m \leq la \leq 5m$	5
<i>Rr</i>	Rayon de raccordement	$Rr = 4 Rext$	120

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 :

	Notation	Paramétrage	Valeurs de référence
Rayon giratoire	R_{ext}		≈ 31.50 m
Hauteur du triangle de Construction	H	$H = R_{ext}$	31.50m
Base du triangle de construction	B	$B = R_{ext} / 4$	7.875
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0.5 + R_{ext}/50)/2$ ou 0	0.565
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = R_{ext} / 50$	0.63

Tableau 9.6: récapitulatif des différents paramètres des îlots séparateurs

L'ENSABLEMENT

INTRODUCTION :

L'ensablement est un aspect très important qui concerne non seulement le constructeur des routes et de voies ferrées ; mais aussi l'agronome, l'urbaniste, l'industriel, le météorologue et le géographe et exige plusieurs années de recherche et d'expérimentation pour le maîtriser du fait que la matière est toujours sujette aux caprices de la nature et recouvre à chaque fois ses droits et son équilibre.

FIGURE 8.16 : Phénomène de l'ensablement



Actuellement, il n'existe pas de technique approuvée ou de méthode basée sur une Théorie physico-mathématique tendant à lutter efficacement contre le phénomène D'ensablement des voies de communication ou du moins à réduire ses effets à des coûts raisonnables. Par contre, il existe un certain nombre de recommandations et de règles issues particulièrement de l'expérience millénaire locale. En effet, la valorisation de ce patrimoine qui a permis à l'homme de vaincre ce phénomène cyclique et de détourner cette énergie éolienne fantastique pour ses activités agricoles et urbanistiques, nous avons permis une approche importante pour protéger les En outre, le phénomène d'ensablement ne touche pas uniquement les régions situées dans les deux grands ergs algériens mais aussi d'autres régions de ce monde tel que « Roubaa El-Khali » dans la région du golfe arabe et la capitale mauritanienne, entres autrestracés linéaires.

DEVIS
QUANTITATIF ET
ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

**Projet : : CONTOURNEMENT DE LA RN48. TRONCON DE 8.500 km DJEBBADI
VERS BISKRA.**

N°	DESIGNATION DES TRAVEAUX	U	QT	P/U	TOTAL
TERRASSEMENT					
1	Déblai mise en dépôt	M ³	205645 .00	150	30846750
2	Déblai mise en remblai	M ³	115800 .00	200	23160000
TERRASSEMENT : 54006900.00 DA					
Chaussée :					
3	F/P d'une couche de roulement en BB Ep = 6 cm y Compris couche d'accrochage	T	17282.64	7.500.00	129618000
4	F/P d'une couche GB sur une épaisseur de 12 cm y Compris couches d'accrochage entre couche	T	33389.73	6.500,00	2170131100
5	F/P d'une couche de fondation en GNT. Ep = 35 cm	M ³	48846.41	3000	1465339230
6	F/P Couche d'imprégnation au cut back 0/1(1Kg/m2)	M ²	119000	150,00	17850000
7	F/P d'une couche de forme en SG. Ep = 40 cm	M ³	100900.45	600,00	60540270
8	Revêtement en monocouche (gravier 15/25) de L'accotement y compris couche d'imprégnation au cutback 0/1	M ²	34000.00	200,00	6800000
9	Rechargement de T.P.C en sable des dunes	M ³	21236.26	100	2123626
Chaussée : 574386171.00 DA					
V- EQUIPEMENT					
10	Fourniture et pose des glissières de sécurité		700,00	1.800,00	1.260.000,00
V- EQUIPEMENT : 1.260.000,00 DA					
Signalisation verticale et horizontale					
11	F/P des signalisations verticale et horizontale selon Plans d'exécution	F	1	2.000.000,00	2.000.000,00
Signalisation verticale et horizontale : 2.000.000,00 DA					
Eclairage public et Equipement					
12	Construction d'un socle en béton (0,70*0,70*0,90) Ciment HTS dosé à 350kg/m3 et toute sujétion de la Bonne exécution. Tous les 25 m	U	100	9.500.00	950000.00
13	F/P d'un candélabre (acier galvanise Thermolaqué traite contre la corrosion, hauteur de 9m avec crosse double et toute sujétion de la bonne Exécution.	U	100	45.000,00	4500000.00
14	Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance supérieure ou égale 60W) à énergie Solaire avec panneau solaire (puissance 18V80	U	100	120.000,00	12000000.00

	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				
Eclairage public et Equipement				17450000.00 DA	
Réalisation de l'aménagement D'un carrefour giratoire					
15	Aménagement d'un carrefour giratoire Rg=31.50m selon : F/P signalisation verticale et horizontal+ F/P des bordures doublée+ F/P de pavé+ F/P éclairages type solaire	U	1	11,000,000,00	11.000 .000,00
16	Aménagement d'un carrefour type croix R ext= 35.00m : F/P signalisation verticale et horizontal+ F/P des bordures doublée+ F/P de pavé+ F/P éclairages type solaire	U	1	10,000,000,00	10.000.000,00
Réalisation de l'aménagement D'un carrefour giratoire :				21,000,000.00DA	
				Total HT	670103071.00
				TVA 19 %	127319583.00
				TOTAL TTC	797422654.00

ARRETE LA PRESENTE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF A UN MONTANT EN TTC : **SEPT CENTS QUATRE VINGT DIX SEPT MILLIONS QUATRE CENTS VINGT DEUX MILLES SIX CENTS CINQUANTE QUATRE DINNARS ALGS**

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation afin de pouvoir diminuer la congestion que subit la RN48.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans les agglomérations comme la wilaya de EL-OUED où nous a été confié un tronçon routier.

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

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE + (version 13.00) l'AUTOCAD et COVADIS.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Règlement

- ❖ **B40** : Normes techniques d'aménagement des routes.
- ❖ **ARP** : Aménagement de routes principales

Documents de la DTP W. EL-oued

- ❖ Rapport géotechnique étude du Contournement de la RN48 tronçon de 25.37 km de l'el-oued vers Biskra.
- ❖ Etude de trafic étude du Contournement de la RN48 tronçon de 25.37 km de l'el-oued vers Biskra.
- ❖ Levé topographique d'étude du Contournement de la RN48 tronçon de 25.37 km de l'el-oued vers Biskra.

Les Logiciel Et Outils Informatique

- ❖ Logiciel Covadis 13.1
- ❖ Logiciel ALIZI III.
- ❖ Auto CAD 2008.2013.20.

Utilisation les Documents suivante

- ❖ Les cours des routes ; Dr. **Remadna Mohamed Saddek**).
- ❖ Les Signaux Routiers (SETRA).
- ❖ Aménagement des carrefours (SETRA).
- ❖ Routes TOME 1 et 2 : MICHEL FAURE.
- ❖ Les échangeurs sur routes de type « Autoroute » (SETRA).
- ❖ Cours de Route I : Nehaoua Adel 2013.
- ❖ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (**CTTP**) : fascicule1 et 2 et3.
- ❖ Carrefours dénivelés (SETRA)

Site internet

- ❖ <https://www.gpsvisualizer.com/>
- ❖ Et nombreux sites spécialisés dans le domaine des travaux publics et de la voirie.

TABLEAU 1-7: NOMENCLATURE

C : catégorie de la route
 E : environnement de la route
 Vr : vitesse de référence (de base)
 τ : le taux de croissance
 R : rayon de l'axe de route
 Δd : variation de dévers
 L : largeur de chaussée
 Rhm : rayon horizontal minimal
 Rhn : rayon horizontal normal
 Rhd : rayon horizontal déversé
 Rhnd : rayon horizontal non déversé
 FI : coefficient de frottement longitudinal
 Ft : coefficient de frottement transversal
 dmin : devers minimal
 dmax : devers maximal
 S : sur largeur
 d : distance d'arrêt
 g : l'accélération en m/s
 p : charge par roue
 Teq : température équivalent
 Tpl : trafic de poids lourd à l'année de mise en Service
 CF : couche de fondation
 Imin : déclivité minimale
 Imax : déclivité maximale
 TN : terrain naturel
 SD : section déblai
 SR : section remblai
 V : volume de terrassement

 Tn : est trafic à l'année n
 T0 : est trafic à l'arrivée pour l'origine

NOMENCLATURE

TJMAh : le trafic à l'année horizon
 TJMA0 : le trafic à l'année de référence
 N : nombre d'année
 Teff : trafic effective à l'année horizon
 Z : pourcentage de poids lourds
 P : coefficient d'équivalent
 Q : débit de point horaire
 Qsat : débit de saturation
 PL : poids lourds
 K1 : coefficient lié à l'environnement
 K2 : coefficient de réduction de N : durée de vie
 TJMA : trafic journalier moyen annuel
 P : pourcentage de poids lourds
 ICBR : indice CBR
 CB : couche de base
 CR : couche de roulement
 RP1 : réseau principal de niveaux 1
 v/j : l'unité véhicule par jour
 RN : route national
 E_{eq} : épaisseur équivalent capacité
 GC : grave concassé
 GNT : grave non traité
 GB : grave bitume
 BB : béton bitumineux
 T : température
 E(Mpa) : portance de sol support de chaussée
 NPL : nombre de poids lourds
 TPLi : classe de trafic
 CBR : Californian Bearing Ratio
εz. adm La déformation admissible sur le sol Support.
εt. adm La déformation admissible à la base de grave bitume

ANNEXES

Axe En Plan 01

Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 394.9812 g	957.505	0.000	19707.126	82668.887	
Arc 1	Rayon 1600.000 m	74.063	957.505	19631.720	83623.418	
	Centre X 18036.689 m					
	Centre Y 83497.413 m					
Droite 2	Gisement 392.0344 g	1427.073	1031.568	19624.181	83697.090	
Arc 2	Rayon -1600.000 m	113.960	2458.641	19446.085	85113.006	
	Centre X 21033.576 m					
	Centre Y 85312.683 m					
Droite 3	Gisement 396.5687 g	550.875	2572.601	19435.900	85226.486	
Clothoïde 1	Paramètre -267.000	89.111	3123.476	19406.223	85776.561	
Arc 3	Rayon -800.000 m	21.557	3212.588	19403.075	85865.605	
	Centre X 20203.074 m					
	Centre Y 85864.168 m					
Clothoïde 2	Paramètre 267.000	89.111	3234.145	19403.404	85887.158	
Droite 4	Gisement 5.3754 g	796.744	3323.256	19409.269	85976.064	
			4120.000	19476.463	86769.970	
Longueur totale de l'axe 4120.000 mètre(s)						

Axe En Plan 02

Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 6.4946 g	935.558	4120.000	19476.463	86769.970	
Arc 1	Rayon 1500.000 m	221.656	5055.558	19571.741	87700.664	
	Centre X 18079.540 m					
	Centre Y 87853.425 m					
Droite 2	Gisement 397.0873 g	1342.536	5277.214	19577.970	87922.030	
Arc 2	Rayon 1500.000 m	156.151	6619.751	19516.566	89263.162	
	Centre X 18018.136 m					
	Centre Y 89194.556 m					
Droite 3	Gisement 390.4600 g	951.348	6775.902	19501.325	89418.497	
Clothoïde 1	Paramètre -330.000	108.900	7727.250	19359.295	90359.183	
Arc 3	Rayon -1000.000 m	168.328	7836.150	19344.996	90467.125	
	Centre X 20340.448 m					
	Centre Y 90562.385 m					
Clothoïde 2	Paramètre 330.000	108.900	8004.478	19343.106	90635.244	
Droite 4	Gisement 8.1089 g	386.540	8113.378	19354.976	90743.481	
			8499.918	19404.078	91126.890	
Longueur totale de l'axe 4379.918 mètre(s)						

Profil En Long Projet AXE 01

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -1.02 %	192.810	0.000	494.010
Parabole 1	Rayon 20000.000 m	364.380	192.810	492.037
	Sommet Absc. 397.367 m			
	Sommet Alt. 490.991 m			
Pente 2	Pente 0.80 %	253.299	557.190	491.630
Parabole 2	Rayon -15000.000 m	290.051	810.489	493.654
	Sommet Absc. 930.356 m			
	Sommet Alt. 494.133 m			
Pente 3	Pente -1.13 %	140.171	1100.540	493.168
Parabole 3	Rayon 20000.000 m	332.425	1240.711	491.577
	Sommet Absc. 1467.622 m			
	Sommet Alt. 490.290 m			
Pente 4	Pente 0.53 %	408.912	1573.136	490.568
Parabole 4	Rayon -20000.000 m	235.904	1982.048	492.726
	Sommet Absc. 2087.562 m			
	Sommet Alt. 493.004 m			
Pente 5	Pente -0.65 %	202.078	2217.952	492.579
Parabole 5	Rayon 20000.000 m	232.967	2420.029	491.262
	Sommet Absc. 2550.419 m			
	Sommet Alt. 490.837 m			
Pente 6	Pente 0.51 %	361.963	2652.996	491.100
Parabole 6	Rayon -15000.000 m	174.950	3014.959	492.956
	Sommet Absc. 3091.892 m			
	Sommet Alt. 493.153 m			
Pente 7	Pente -0.65 %	383.408	3189.910	492.833
Parabole 7	Rayon 20000.000 m	231.374	3573.317	490.328
	Sommet Absc. 3704.008 m			
	Sommet Alt. 489.901 m			
Pente 8	Pente 0.50 %	315.309	3804.691	490.154
			4120.000	491.741
Longueur totale de l'axe 4120.000 mètre(s)				

Profil En Long Projet AXE 02

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.50 %	71.174	4120.000	491.741
Parabole 1	Rayon -10000.000 m	262.742	4191.174	492.100
	Sommet Absc. 4241.516 m			
	Sommet Alt. 492.226 m			
Pente 2	Pente -2.12 %	102.186	4453.916	489.971
Parabole 2	Rayon 10000.000 m	263.595	4556.103	487.800
	Sommet Absc. 4768.503 m			
	Sommet Alt. 485.545 m			
Pente 3	Pente 0.51 %	103.094	4819.698	485.676
Parabole 3	Rayon -20000.000 m	257.681	4922.792	486.203
	Sommet Absc. 5025.181 m			
	Sommet Alt. 486.466 m			
Pente 4	Pente -0.78 %	112.106	5180.473	485.863
Parabole 4	Rayon 10000.000 m	138.188	5292.579	484.992
	Sommet Absc. 5370.225 m			
	Sommet Alt. 484.691 m			
Pente 5	Pente 0.61 %	250.171	5430.768	484.874
Parabole 5	Rayon -10000.000 m	199.060	5680.938	486.389
	Sommet Absc. 5741.481 m			
	Sommet Alt. 486.572 m			
Pente 6	Pente -1.39 %	128.448	5879.998	485.613
Parabole 6	Rayon 10000.000 m	242.628	6008.447	483.833
	Sommet Absc. 6146.964 m			
	Sommet Alt. 482.874 m			
Pente 7	Pente 1.04 %	126.714	6251.075	483.416
Parabole 7	Rayon -15000.000 m	327.114	6377.789	484.735
	Sommet Absc. 6533.956 m			
	Sommet Alt. 485.548 m			
Pente 8	Pente -1.14 %	187.018	6704.904	484.574
Parabole 8	Rayon 12000.000 m	260.482	6891.922	482.443
	Sommet Absc. 7028.680 m			
	Sommet Alt. 481.663 m			
Pente 9	Pente 1.03 %	20.112	7152.403	482.301
Parabole 9	Rayon -8000.000 m	144.969	7172.516	482.509
	Sommet Absc. 7254.998 m			
	Sommet Alt. 482.934 m			
Pente 10	Pente -0.78 %	167.332	7317.484	482.690
Parabole 10	Rayon 15000.000 m	224.064	7484.816	481.383
	Sommet Absc. 7601.979 m			
	Sommet Alt. 480.925 m			
Pente 11	Pente 0.71 %	61.881	7708.881	481.306
Parabole 11	Rayon -10000.000 m	139.100	7770.762	481.747
	Sommet Absc. 7842.030 m			
	Sommet Alt. 482.001 m			
Pente 12	Pente -0.68 %	191.267	7909.861	481.771
Parabole 12	Rayon 20000.000 m	237.743	8101.128	480.474
	Sommet Absc. 8236.792 m			
	Sommet Alt. 480.013 m			
Pente 13	Pente 0.51 %	161.047	8338.872	480.274
			8499.918	481.096
Longueur totale de l'axe 4379.918 mètre(s)				

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Matériau	Volume cumulé
BB	17282.64
GB	33389.73
GNT	48846.41
S.TPC	21236.26
Sous Accotement	39979.19
TV	60921.26

Volumes Cumulés	
Déblai	Remblai
321445	115800

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)AXE 01

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
1	0.000	12.50	40.77	0.00	509.613	0.000	510	0
2	25.000	25.00	0.00	60.80	0.000	1519.967	510	1520
3	50.000	25.00	0.00	63.43	0.000	1585.852	510	3106
4	75.000	25.00	24.26	0.00	606.598	0.000	1116	3106
5	100.000	25.00	22.19	0.00	554.858	0.000	1671	3106
6	125.000	25.00	34.00	0.00	850.022	0.000	2521	3106
7	150.000	25.00	41.27	0.00	1031.717	0.000	3553	3106
8	175.000	25.00	34.99	0.00	874.791	0.000	4428	3106
9	200.000	25.00	28.16	0.00	703.960	0.000	5132	3106
10	225.000	25.00	67.67	0.00	1691.751	0.000	6823	3106
11	250.000	25.00	86.93	0.00	2173.324	0.000	8997	3106
12	275.000	25.00	75.74	0.00	1893.488	0.000	10890	3106
13	300.000	25.00	47.68	0.00	1191.947	0.000	12082	3106
14	325.000	25.00	34.13	0.00	853.329	0.000	12935	3106
15	350.000	25.00	10.38	0.00	259.573	0.000	13195	3106
16	375.000	25.00	5.34	1.49	133.466	37.317	13328	3143
17	400.000	25.00	6.62	0.00	165.493	0.000	13494	3143
18	425.000	25.00	22.44	0.00	561.009	0.000	14055	3143
19	450.000	25.00	22.43	0.00	560.739	0.000	14616	3143
20	475.000	25.00	60.38	0.00	1509.462	0.000	16125	3143
21	500.000	25.00	61.83	0.00	1545.842	0.000	17671	3143
22	525.000	25.00	81.77	0.00	2044.280	0.000	19715	3143
23	550.000	25.00	32.95	0.00	823.718	0.000	20539	3143
24	575.000	25.00	2.03	2.42	50.841	60.572	20590	3204
25	600.000	25.00	16.28	0.00	407.095	0.000	20997	3204
26	625.000	25.00	52.03	0.00	1300.636	0.000	22298	3204
27	650.000	25.00	54.17	0.00	1354.148	0.000	23652	3204
28	675.000	25.00	15.87	0.00	396.644	0.000	24048	3204
29	700.000	25.00	4.57	1.12	114.259	28.035	24163	3232
30	725.000	25.00	16.29	2.93	407.236	73.198	24570	3305
31	750.000	25.00	65.61	0.00	1640.374	0.000	26210	3305
32	775.000	25.00	44.27	0.00	1106.760	0.000	27317	3305
33	800.000	25.00	2.10	4.59	52.442	114.774	27369	3420
34	825.000	25.00	0.00	22.15	0.000	553.628	27369	3973
35	850.000	25.00	1.96	0.56	49.004	13.959	27418	3987
36	875.000	25.00	11.19	0.00	279.806	0.000	27698	3987
37	900.000	25.00	39.59	0.00	989.719	0.000	28688	3987
38	925.000	25.00	73.88	0.00	1847.072	0.000	30535	3987
39	950.000	25.00	102.73	0.00	2568.454	0.000	33103	3987
40	975.000	25.00	0.00	46.64	0.000	1163.701	33103	5151
41	1000.000	25.00	17.52	7.33	441.109	182.128	33545	5333
42	1025.000	25.00	102.32	0.00	2558.876	0.000	36103	5333
43	1050.000	25.00	198.09	0.00	4952.319	0.000	41056	5333
44	1075.000	25.00	46.43	0.00	1160.650	0.000	42216	5333
45	1100.000	25.00	0.00	102.86	0.000	2571.566	42216	7905
46	1125.000	25.00	82.86	0.00	2071.466	0.000	44288	7905
47	1150.000	25.00	61.77	0.00	1544.134	0.000	45832	7905
48	1175.000	25.00	0.00	42.85	0.000	1071.317	45832	8976
49	1200.000	25.00	0.00	133.95	0.000	3348.747	45832	12325
50	1225.000	25.00	0.47	36.01	11.783	900.227	45844	13225
51	1250.000	25.00	144.56	0.00	3614.034	0.000	49458	13225
52	1275.000	25.00	2.30	7.63	57.571	190.691	49515	13416
53	1300.000	25.00	0.00	82.11	0.000	2052.650	49515	15468
54	1325.000	25.00	0.00	83.04	0.000	2076.070	49515	17544
55	1350.000	25.00	39.12	0.00	978.083	0.000	50493	17544
56	1375.000	25.00	139.42	0.00	3485.550	0.000	53979	17544
57	1400.000	25.00	37.38	0.00	934.411	0.000	54913	17544
58	1425.000	25.00	77.35	0.00	1933.818	0.000	56847	17544
59	1450.000	25.00	179.01	0.00	4475.364	0.000	61323	17544

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
60	1475.000	25.00	153.49	0.00	3837.234	0.000	65160	17544
61	1500.000	25.00	91.05	0.00	2276.264	0.000	67436	17544
62	1525.000	25.00	68.31	0.00	1707.731	0.000	69144	17544
63	1550.000	25.00	134.69	0.00	3367.339	0.000	72511	17544
64	1575.000	25.00	203.63	0.00	5090.664	0.000	77602	17544
65	1600.000	25.00	74.90	0.00	1872.520	0.000	79474	17544
66	1625.000	25.00	39.54	0.00	988.537	0.000	80463	17544
67	1650.000	25.00	78.41	0.00	1960.291	0.000	82423	17544
68	1675.000	25.00	218.22	0.00	5455.393	0.000	87879	17544
69	1700.000	25.00	103.52	0.00	2588.079	0.000	90467	17544
70	1725.000	25.00	0.37	5.70	9.241	142.541	90476	17687
71	1750.000	25.00	24.00	0.00	599.883	0.000	91076	17687
72	1775.000	25.00	128.14	0.00	3203.433	0.000	94279	17687
73	1800.000	25.00	27.05	0.00	676.298	0.000	94956	17687
74	1825.000	25.00	0.43	16.35	10.665	408.775	94966	18096
75	1850.000	25.00	10.85	15.87	271.336	396.764	95238	18492
76	1875.000	25.00	60.01	0.00	1500.144	0.000	96738	18492
77	1900.000	25.00	22.00	0.00	550.101	0.000	97288	18492
78	1925.000	25.00	0.11	21.80	2.836	545.045	97291	19038
79	1950.000	25.00	11.08	8.91	277.064	222.656	97568	19260
80	1975.000	25.00	104.64	0.00	2616.055	0.000	100184	19260
81	2000.000	25.00	0.00	27.25	0.000	681.313	100184	19941
82	2025.000	25.00	0.00	81.53	0.000	2038.320	100184	21980
83	2050.000	25.00	0.00	54.43	0.000	1360.793	100184	23341
84	2075.000	25.00	52.98	0.00	1324.496	0.000	101508	23341
85	2100.000	25.00	52.89	0.00	1322.276	0.000	102831	23341
86	2125.000	25.00	0.00	81.68	0.000	2042.096	102831	25383
87	2150.000	25.00	1.58	17.57	39.380	439.279	102870	25822
88	2175.000	25.00	15.21	4.43	380.290	110.845	103250	25933
89	2200.000	25.00	44.17	1.15	1104.173	28.660	104354	25961
90	2225.000	25.00	1.36	6.75	33.979	168.872	104388	26130
91	2250.000	25.00	0.19	21.93	4.794	548.127	104393	26678
92	2275.000	25.00	2.44	7.59	61.098	189.718	104454	26868
93	2300.000	25.00	46.40	0.00	1160.091	0.000	105614	26868
94	2325.000	25.00	87.55	0.00	2188.758	0.000	107803	26868
95	2350.000	25.00	36.69	0.00	917.127	0.000	108720	26868
96	2375.000	25.00	32.52	0.00	813.028	0.000	109533	26868
97	2400.000	25.00	40.66	0.00	1016.379	0.000	110550	26868
98	2425.000	25.00	70.69	0.00	1767.340	0.000	112317	26868
99	2450.000	25.00	84.41	0.00	2109.356	0.000	114426	26868
100	2475.000	25.00	76.57	0.00	1910.364	0.000	116337	26868
101	2500.000	25.00	24.30	0.00	609.094	0.000	116946	26868
102	2525.000	25.00	0.91	9.75	22.873	242.984	116969	27111
103	2550.000	25.00	77.13	0.00	1925.308	0.000	118894	27111
104	2575.000	25.00	146.49	0.00	3659.075	0.000	122553	27111
105	2600.000	25.00	149.53	0.00	3738.369	0.000	126291	27111
106	2625.000	25.00	103.29	0.00	2582.368	0.000	128874	27111
107	2650.000	25.00	125.34	0.00	3133.564	0.000	132007	27111
108	2675.000	25.00	85.44	0.00	2135.980	0.000	134143	27111
109	2700.000	25.00	70.68	0.00	1767.101	0.000	135910	27111
110	2725.000	25.00	69.87	0.00	1746.685	0.000	137657	27111
111	2750.000	25.00	120.86	0.00	3021.537	0.000	140679	27111
112	2775.000	25.00	61.44	0.00	1535.893	0.000	142215	27111
113	2800.000	25.00	47.00	0.00	1175.091	0.000	143390	27111
114	2825.000	25.00	49.47	0.00	1236.658	0.000	144626	27111
115	2850.000	25.00	42.30	0.00	1057.579	0.000	145684	27111
116	2875.000	25.00	24.96	0.00	623.946	0.000	146308	27111
117	2900.000	25.00	1.27	2.66	31.800	66.463	146340	27178
118	2925.000	25.00	15.65	0.00	391.243	0.000	146731	27178
119	2950.000	25.00	10.52	0.00	263.097	0.000	146994	27178
120	2975.000	25.00	0.00	72.68	0.000	1817.026	146994	28995
121	3000.000	25.00	0.00	75.94	0.000	1898.489	146994	30893
122	3025.000	25.00	1.96	10.54	48.927	263.400	147043	31157

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
123	3050.000	25.00	56.57	0.00	1414.185	0.000	148457	31157
124	3075.000	25.00	101.95	0.00	2548.749	0.000	151006	31157
125	3100.000	25.00	55.11	0.00	1377.715	0.000	152384	31157
126	3125.000	25.00	0.00	72.38	0.000	1809.530	152384	32966
127	3150.000	25.00	0.00	190.75	0.000	4762.462	152384	37729
128	3175.000	25.00	0.00	146.87	0.000	3663.607	152384	41392
129	3200.000	25.00	0.00	38.14	0.000	954.605	152384	42347
130	3225.000	25.00	54.30	0.00	1353.475	0.000	153737	42347
131	3250.000	25.00	66.94	0.00	1675.398	0.000	155412	42347
132	3275.000	25.00	15.72	0.00	392.936	0.000	155805	42347
133	3300.000	25.00	0.25	18.70	6.325	466.784	155812	42814
134	3325.000	25.00	0.00	53.23	0.000	1330.654	155812	44144
135	3350.000	25.00	0.00	79.39	0.000	1984.827	155812	46129
136	3375.000	25.00	0.00	169.44	0.000	4236.120	155812	50365
137	3400.000	25.00	0.00	200.11	0.000	5002.785	155812	55368
138	3425.000	25.00	0.00	85.10	0.000	2127.400	155812	57495
139	3450.000	25.00	66.18	0.00	1654.604	0.000	157466	57495
140	3475.000	25.00	90.54	0.00	2263.572	0.000	159730	57495
141	3500.000	25.00	15.46	1.21	386.411	30.273	160116	57526
142	3525.000	25.00	20.66	0.00	516.534	0.000	160633	57526
143	3550.000	25.00	61.27	0.00	1531.658	0.000	162164	57526
144	3575.000	25.00	108.83	0.00	2720.768	0.000	164885	57526
145	3600.000	25.00	146.03	0.00	3650.776	0.000	168536	57526
146	3625.000	25.00	78.46	0.00	1961.459	0.000	170497	57526
147	3650.000	25.00	2.86	2.72	71.534	67.997	170569	57594
148	3675.000	25.00	0.00	49.10	0.005	1227.532	170569	58821
149	3700.000	25.00	90.57	0.00	2264.364	0.000	172833	58821
150	3725.000	25.00	184.04	0.00	4601.036	0.000	177434	58821
151	3750.000	25.00	78.06	0.00	1951.577	0.000	179386	58821
152	3775.000	25.00	0.78	45.26	19.446	1131.614	179405	59953
153	3800.000	25.00	0.00	67.18	0.000	1679.506	179405	61632
154	3825.000	25.00	30.67	0.00	766.787	0.000	180172	61632
155	3850.000	25.00	124.31	0.00	3107.727	0.000	183280	61632
156	3875.000	25.00	101.77	0.00	2544.175	0.000	185824	61632
157	3900.000	25.00	138.51	0.00	3462.660	0.000	189287	61632
158	3925.000	25.00	172.49	0.00	4312.328	0.000	193599	61632
159	3950.000	25.00	37.66	0.00	941.581	0.000	194541	61632
160	3975.000	25.00	0.00	200.22	0.000	5005.467	194541	66638
161	4000.000	25.00	0.00	215.26	0.000	5381.407	194541	72019
162	4025.000	25.00	0.00	125.49	0.000	3137.296	194541	75156
163	4050.000	25.00	1.65	3.54	41.238	88.466	194582	75245
164	4075.000	25.00	59.26	0.00	1481.408	0.000	196063	75245
165	4100.000	22.50	53.71	0.00	1208.545	0.000	197272	75245
166	4120.000	10.00	17.61	0.00	176.059	0.000	197448	75245

Cubatures Déblai Remblai (Gulden) AXE 02

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
166	4120.000	12.50	17.53	0.00	219.083	0.000	219	0
167	4145.000	25.00	0.00	7.21	0.029	180.362	219	180
168	4170.000	25.00	0.00	39.86	0.000	996.607	219	1177
169	4195.000	25.00	0.09	5.89	2.289	147.170	221	1324
170	4220.000	25.00	25.18	0.01	629.541	0.375	851	1325
171	4245.000	25.00	0.00	117.50	0.000	2937.547	851	4262
172	4270.000	25.00	0.00	261.98	0.000	6549.423	851	10811
173	4295.000	25.00	0.00	140.91	0.000	3522.788	851	14334
174	4320.000	25.00	24.23	0.00	605.753	0.000	1457	14334
175	4345.000	25.00	41.11	0.00	1027.717	0.000	2484	14334
176	4370.000	25.00	5.63	8.48	140.657	211.884	2625	14546
177	4395.000	25.00	0.09	3.75	2.144	93.701	2627	14640
178	4420.000	25.00	0.00	20.62	0.000	515.613	2627	15155
179	4445.000	25.00	0.00	41.51	0.000	1037.802	2627	16193
180	4470.000	25.00	0.00	47.47	0.000	1186.647	2627	17380
181	4495.000	25.00	0.00	74.28	0.000	1856.939	2627	19237
182	4520.000	25.00	0.00	92.15	0.000	2303.710	2627	21541
183	4545.000	25.00	0.00	56.12	0.000	1403.085	2627	22944
184	4570.000	25.00	0.11	46.69	2.729	1167.181	2630	24111
185	4595.000	25.00	0.48	32.96	11.894	823.975	2642	24935
186	4620.000	25.00	3.32	9.76	82.912	244.027	2725	25179
187	4645.000	25.00	0.52	3.17	13.045	79.216	2738	25258
188	4670.000	25.00	10.75	0.13	268.801	3.314	3007	25261
189	4695.000	25.00	19.29	0.00	482.249	0.000	3489	25261
190	4720.000	25.00	23.56	0.00	588.929	0.000	4078	25261
191	4745.000	25.00	29.69	0.00	742.133	0.000	4820	25261
192	4770.000	25.00	9.41	0.00	235.167	0.000	5055	25261
193	4795.000	25.00	12.57	0.00	314.257	0.000	5369	25261
194	4820.000	25.00	15.33	0.00	383.239	0.000	5753	25261
195	4845.000	25.00	34.60	0.00	865.073	0.000	6618	25261
196	4870.000	25.00	17.43	0.00	435.797	0.000	7053	25261
197	4895.000	25.00	13.05	0.00	326.147	0.000	7380	25261
198	4920.000	25.00	10.16	0.00	254.019	0.000	7634	25261
199	4945.000	25.00	2.47	2.53	61.812	63.307	7695	25325
200	4970.000	25.00	0.12	14.21	2.957	355.335	7698	25680
201	4995.000	25.00	0.00	27.14	0.000	678.386	7698	26358
202	5020.000	25.00	0.00	22.89	0.000	572.294	7698	26931
203	5045.000	25.00	6.36	2.06	158.904	51.393	7857	26982
204	5070.000	25.00	0.26	7.80	6.537	195.336	7864	27177
205	5095.000	25.00	0.00	8.14	0.002	203.578	7864	27381
206	5120.000	25.00	1.36	0.36	34.006	8.977	7898	27390
207	5145.000	25.00	7.49	0.00	187.129	0.000	8085	27390
208	5170.000	25.00	9.78	0.00	244.438	0.000	8329	27390
209	5195.000	25.00	1.16	0.47	29.049	11.613	8358	27402
210	5220.000	25.00	1.08	1.28	27.044	31.983	8385	27434
211	5245.000	25.00	2.09	0.87	52.235	21.635	8438	27455
212	5270.000	25.00	6.12	0.00	152.956	0.000	8591	27455
213	5295.000	25.00	10.55	0.00	263.678	0.000	8854	27455
214	5320.000	25.00	15.09	0.00	377.331	0.000	9232	27455
215	5345.000	25.00	21.19	0.00	529.842	0.000	9762	27455
216	5370.000	25.00	21.59	0.00	539.658	0.000	10301	27455
217	5395.000	25.00	21.88	0.00	547.004	0.000	10848	27455
218	5420.000	25.00	37.82	0.00	945.610	0.000	11794	27455
219	5445.000	25.00	49.11	0.00	1227.793	0.000	13022	27455
220	5470.000	25.00	81.02	0.00	2025.624	0.000	15047	27455
221	5495.000	25.00	75.89	0.00	1897.174	0.000	16944	27455
222	5520.000	25.00	51.82	0.00	1295.450	0.000	18240	27455
223	5545.000	25.00	66.41	0.00	1660.178	0.000	19900	27455
224	5570.000	25.00	77.66	0.00	1941.548	0.000	21842	27455

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
225	5595.000	25.00	43.33	0.62	1083.134	15.407	22925	27471
226	5620.000	25.00	1.06	18.99	26.422	474.690	22951	27945
227	5645.000	25.00	0.13	18.87	3.195	471.764	22954	28417
228	5670.000	25.00	23.16	0.00	578.930	0.000	23533	28417
229	5695.000	25.00	38.03	0.20	950.839	4.939	24484	28422
230	5720.000	25.00	0.03	68.62	0.840	1715.514	24485	30138
231	5745.000	25.00	46.86	12.07	1171.441	301.726	25656	30439
232	5770.000	25.00	84.32	0.00	2107.911	0.000	27764	30439
233	5795.000	25.00	20.57	0.00	514.148	0.000	28278	30439
234	5820.000	25.00	2.05	1.43	51.153	35.717	28330	30475
235	5845.000	25.00	11.08	5.84	277.018	145.992	28607	30621
236	5870.000	25.00	1.39	11.10	34.867	277.575	28641	30899
237	5895.000	25.00	0.00	20.29	0.000	507.325	28641	31406
238	5920.000	25.00	0.00	17.45	0.000	436.321	28641	31842
239	5945.000	25.00	0.00	19.52	0.000	488.090	28641	32330
240	5970.000	25.00	0.00	13.00	0.000	324.992	28641	32655
241	5995.000	25.00	0.58	6.00	14.605	149.971	28656	32805
242	6020.000	25.00	5.68	0.00	141.901	0.000	28798	32805
243	6045.000	25.00	20.87	0.00	521.721	0.000	29320	32805
244	6070.000	25.00	25.02	0.00	625.578	0.000	29945	32805
245	6095.000	25.00	33.97	0.00	849.240	0.000	30795	32805
246	6120.000	25.00	29.79	0.00	744.715	0.000	31539	32805
247	6145.000	25.00	63.38	0.00	1584.586	0.000	33124	32805
248	6170.000	25.00	72.99	0.00	1824.723	0.000	34949	32805
249	6195.000	25.00	69.64	0.00	1740.913	0.000	36689	32805
250	6220.000	25.00	71.58	0.00	1789.548	0.000	38479	32805
251	6245.000	25.00	74.34	0.00	1858.547	0.000	40338	32805
252	6270.000	25.00	72.73	0.00	1818.195	0.000	42156	32805
253	6295.000	25.00	78.68	0.00	1966.930	0.000	44123	32805
254	6320.000	25.00	72.40	0.00	1809.966	0.000	45933	32805
255	6345.000	25.00	61.17	0.00	1529.151	0.000	47462	32805
256	6370.000	25.00	45.51	0.00	1137.656	0.000	48599	32805
257	6395.000	25.00	39.77	0.00	994.317	0.000	49594	32805
258	6420.000	25.00	36.23	0.00	905.873	0.000	50500	32805
259	6445.000	25.00	3.41	0.83	85.167	20.782	50585	32826
260	6470.000	25.00	0.28	28.35	6.921	708.754	50592	33535
261	6495.000	25.00	2.73	9.06	68.294	226.423	50660	33761
262	6520.000	25.00	73.65	0.00	1841.301	0.000	52501	33761
263	6545.000	25.00	39.54	0.00	988.440	0.000	53490	33761
264	6570.000	25.00	1.28	12.41	32.071	310.321	53522	34072
265	6595.000	25.00	0.00	39.54	0.000	988.377	53522	35060
266	6620.000	25.00	0.00	30.23	0.000	754.906	53522	35815
267	6645.000	25.00	24.30	0.00	605.427	0.000	54127	35815
268	6670.000	25.00	67.07	0.00	1669.570	0.000	55797	35815
269	6695.000	25.00	0.06	45.54	1.422	1134.237	55798	36949
270	6720.000	25.00	1.02	26.81	25.716	667.280	55824	37616
271	6745.000	25.00	4.20	3.77	105.631	93.641	55930	37710
272	6770.000	25.00	0.00	28.99	0.000	725.390	55930	38435
273	6795.000	25.00	0.00	35.54	0.000	888.444	55930	39324
274	6820.000	25.00	15.24	0.00	381.036	0.000	56311	39324
275	6845.000	25.00	188.47	0.00	4711.872	0.000	61022	39324
276	6870.000	25.00	153.55	0.00	3838.870	0.000	64861	39324
277	6895.000	25.00	108.92	0.00	2723.099	0.000	67584	39324
278	6920.000	25.00	60.01	0.00	1500.284	0.000	69085	39324
279	6945.000	25.00	10.90	0.00	272.578	0.000	69357	39324
280	6970.000	25.00	82.82	0.00	2070.565	0.000	71428	39324
281	6995.000	25.00	90.33	0.00	2258.278	0.000	73686	39324
282	7020.000	25.00	33.48	0.00	837.030	0.000	74523	39324
283	7045.000	25.00	107.33	0.00	2683.182	0.000	77206	39324
284	7070.000	25.00	156.99	0.00	3924.819	0.000	81131	39324
285	7095.000	25.00	88.48	0.00	2211.972	0.000	83343	39324
286	7120.000	25.00	11.89	1.51	297.365	37.639	83641	39361
287	7145.000	25.00	17.16	0.00	428.897	0.050	84069	39361

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
288	7170.000	25.00	11.35	0.00	283.642	0.000	84353	39361
289	7195.000	25.00	42.41	0.00	1060.238	0.000	85413	39361
290	7220.000	25.00	60.06	0.00	1501.420	0.000	86915	39361
291	7245.000	25.00	38.33	0.00	958.271	0.000	87873	39361
292	7270.000	25.00	22.30	0.00	557.393	0.000	88430	39361
293	7295.000	25.00	10.35	0.00	258.727	0.000	88689	39361
294	7320.000	25.00	8.29	0.00	207.208	0.000	88896	39361
295	7345.000	25.00	1.62	1.63	40.603	40.711	88937	39402
296	7370.000	25.00	20.32	0.00	508.108	0.000	89445	39402
297	7395.000	25.00	37.78	0.00	944.399	0.000	90389	39402
298	7420.000	25.00	18.59	0.00	464.667	0.000	90854	39402
299	7445.000	25.00	21.73	0.00	543.209	0.000	91397	39402
300	7470.000	25.00	63.20	0.00	1579.953	0.000	92977	39402
301	7495.000	25.00	35.63	0.00	890.847	0.000	93868	39402
302	7520.000	25.00	28.05	0.00	701.144	0.000	94569	39402
303	7545.000	25.00	57.87	0.00	1446.758	0.000	96016	39402
304	7570.000	25.00	48.62	0.00	1215.448	0.000	97231	39402
305	7595.000	25.00	14.80	0.00	370.002	0.000	97601	39402
306	7620.000	25.00	60.31	0.00	1507.693	0.000	99109	39402
307	7645.000	25.00	70.46	0.00	1761.461	0.000	100871	39402
308	7670.000	25.00	23.05	0.00	576.276	0.000	101447	39402
309	7695.000	25.00	18.85	0.00	471.293	0.000	101918	39402
310	7720.000	25.00	35.28	0.00	881.955	0.000	102800	39402
311	7745.000	25.00	18.53	0.00	463.407	0.000	103264	39402
312	7770.000	25.00	7.34	0.00	183.703	0.000	103447	39402
313	7795.000	25.00	1.80	3.40	45.376	84.533	103493	39487
314	7820.000	25.00	4.19	0.50	105.386	12.458	103598	39499
315	7845.000	25.00	11.84	0.00	296.050	0.000	103894	39499
316	7870.000	25.00	0.05	5.46	1.148	136.512	103895	39636
317	7895.000	25.00	0.00	14.13	0.000	353.028	103895	39989
318	7920.000	25.00	0.00	11.54	0.000	288.375	103895	40277
319	7945.000	25.00	2.64	0.24	65.590	5.957	103961	40283
320	7970.000	25.00	6.29	0.00	157.064	0.000	104118	40283
321	7995.000	25.00	1.63	2.38	40.836	59.678	104159	40343
322	8020.000	25.00	2.61	3.02	65.808	75.121	104225	40418
323	8045.000	25.00	41.41	0.00	1033.330	0.000	105258	40418
324	8070.000	25.00	38.72	0.00	968.291	0.000	106226	40418
325	8095.000	25.00	22.56	0.00	564.042	0.000	106790	40418
326	8120.000	25.00	37.81	0.00	945.183	0.000	107735	40418
327	8145.000	25.00	50.82	0.00	1270.524	0.000	109006	40418
328	8170.000	25.00	72.86	0.00	1821.582	0.000	110827	40418
329	8195.000	25.00	61.44	0.00	1535.884	0.000	112363	40418
330	8220.000	25.00	53.56	0.00	1339.097	0.000	113702	40418
331	8245.000	25.00	53.39	0.00	1334.731	0.000	115037	40418
332	8270.000	25.00	59.17	0.00	1479.241	0.000	116516	40418
333	8295.000	25.00	62.27	0.00	1556.831	0.000	118073	40418
334	8320.000	25.00	72.87	0.00	1821.722	0.000	119895	40418
335	8345.000	25.00	55.92	0.00	1397.981	0.000	121293	40418
336	8370.000	25.00	41.18	0.00	1029.399	0.000	122322	40418
337	8395.000	25.00	43.21	0.00	1080.217	0.000	123403	40418
338	8420.000	25.00	13.72	0.00	343.013	0.000	123746	40418
339	8445.000	25.00	1.29	3.20	32.265	79.890	123778	40498
340	8470.000	25.00	0.51	2.30	12.809	57.421	123791	40555
341	8495.000	14.96	11.52	0.00	172.287	0.000	123963	40555
342	8499.918	2.46	13.99	0.00	34.400	0.000	123997	40555

