



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

d'État Filière: Travaux Publics

Spécialité: Matériaux & Structures

Thème

**Etude en APD d'une liaison routière en 2x2 voies reliant la
RN100 à la liaison Autoroutière Batna - Chelghoum Laid sur
un linéaire de 10 Km du PK30+000 au PK40+000**

Présenté par :

**-CHAYANI MOHAMED Ayoub-
- LARBI AISSA Mohamed**

Encadré par :

M^{me} CHIALI Soumiya

Promotion 2023/2024



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu Le Tout Puissant et Miséricordieux qui nous a donnés la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous remercions nos familles pour leur soutien moral et physique sans lequel nous ne pouvions établir ce modeste travail.

Nos vifs remerciements et notre reconnaissance sont également adressées aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en l'enrichissant par leurs propositions.

Nous tenons à remercier également notre encadreur M^{me}CHIALI Soumiya pour tous les efforts qu'elle a fournis pour nous faciliter et aider à accomplir notre travail, nous la remercions pour ses conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Sans oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation dans cette école.

RESUME

Pour ce mémoire de fin d'études nous avons traité une étude en APD d'une liaison routière en 2x2 voies reliant la RN100 à la liaison Autoroutière Batna – Chelghoum-Laid sur 10 Km.

Pour l'élaboration de ce modeste travail, nous avons suivi un plan de travail qui débute par une introduction générale, une étude géométrique qui concerne un tracé en plan par logiciel COVADIS, un profil en travers type d'une largeur de plate-forme de 14 m d'après l'étude de trafic et son extrapolation à l'horizon de 20 ans, avec rectifications de succession des virages dangereux et amélioration du profil en long en adoucissant ses pentes.

Après les étapes précédentes, nous avons fait une étude géotechnique pour connaître toutes les caractéristiques du sol support, une étude hydraulique, une étude d'impact sur l'environnement, un calcul de cubatures, un devis quantitatif et estimatif, et terminé par une conclusion générale.

Afin d'assurer une meilleure fluidité du trafic avec un gain maximum de sécurité au niveau des intersections des routes, nous avons conçu des carrefours giratoires. Lors de l'élaboration de ce sujet, nous nous sommes basés sur les normes en vigueur, citées dans la bibliographie.

Mots clés : route, trafic, étude géométrique, étude géotechnique, corps de chaussée, échangeur, signalisation, devis quantitatif et estimatif.

ملخص

يتعلق مشروعنا بدراسة الطريق السريع لمدينة بئر الشهداء على امتداد 10 كلم المشروع المقترح من طرف مديرية الأشغال العمومية لولاية أم البواقي

من أجل إنشاء هذا العمل المتواضع قمنا اتباع طريقة عمل مسطرة من طرف الأستاذة المؤطرة لنا طريقة العمل على النحو التالي :

مقدمة عامة دراسة هندسية تضمنت رسم محور الطريق ببرنامج كوفاديس مقطع عرضي يمتد إلى 14 متر إضافة الى معالجة المنعرجات الخطيرة و ذلك بتحسين المقطع الطولي و الحد من المنعرجات الحادة

بعد هذا قمنا بإنشاء تقرير جيوتقني لمعرفة خصائص التربة التحتية دراسة صرف المياه دراسة تأثير المشروع على البيئة حساب فاتورة الكميات و في الأخير خاتمة عامة

لضمان تدفق حركة المرور بشكل أفضل و كسب الحد الأقصى من السلامة في تقاطع لبطرق قمنا بتصميم التقاطعات المحورية

خلال تحرير موضوعنا استندنا الى المعايير المدرجة في قائمة المراجع

ABSTRACT

For our final study project, we conducted a preliminary design study (APD) for the express road in the city of OUM BOUAGHI over a distance of 10 km, as proposed by the Public Works Department of OUM BOUAGHI.

To complete this work, we followed a work plan, starting with a general introduction. Then, we performed a geometric study involving a layout design using the COVADIS software and a typical cross-section profile with a platform width of 14 meters, based on traffic studies and projections over a 20-year horizon. This included correcting the sequence of dangerous curves and improving the longitudinal profile by smoothing the slopes.

Following these steps, we prepared a geotechnical report to determine all the characteristics of our supporting soil. We also conducted a hydraulic study, an impact study, a volumetric calculation, and a quantitative and cost estimate, concluding with a general conclusion.

To ensure better traffic flow and maximize safety at road intersections, we designed roundabouts. In developing our project, we relied on the standards cited in the bibliography.

Key words: Road, traffic, geometric study, geotechnical study, pavement, exchanger, signs, estimate quantitative.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
chapitre I PRESENTATION DU PROJET	
I.1. INTRODUCTION	2
I.2. PRESENTATION DE WILAYA D'OUM EL BOUAGHI	2
I.2. DESCRIPTION DU PROJET	5
I.4. L'OBJECTIF DU PROJET	6
I.5. RAPPEL DE L'ETUDE APS.....	6
CHAPITRE II ETUDE DU TRAFIC	
II. 1.INTRODUCTION.....	10
II. 2.ANALYSE DE TRAFIC	10
II.3. Application au projet	13
II.4. CONCLUSION	15
CHAPITRE III ETUDE GEOMETRIQUE	
III.1. INTRODUCTION.....	16
III.2. OBJECTIF DE L'ICTAAL	16
III.3. PARAMETRES GEOMETRIQUES	18
III.4. TRACE EN PLAN.....	19
III.4.1. APPLICATION AU PROJET.....	21
Figure III.3 : Axe en plan	23
III.5 .PROFIL EN LONG.....	23
III.5 .1.INTRODUCTION.....	23
III.5.2. APPLICATION AU PROJET.....	25
III.6.PROFIL EN TRAVERS.....	29
III.6.1.INTRODUCTION.....	29
III.6.4. APPLICATION AU PROJET.....	31
CHAPITRE IV LES CUBATURES	
IV.1.INTRODUCTION	32
IV.2. METHODE DE CALCUL UTILISEE.....	32
CHAPITRE V ETUDE GEOTECHNIQUE	
V.1. INTRODUCTION.....	34
V.2. APERÇU GEOLOGIE	34
V.3.OBJECTIF DE CHAPITRE	35
V.4. CLASSIFICATION DES SOLS	40
CHAPITRE VI DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	
VI.1. INTRODUCTION	43
VI.2. METHODES DE DIMENSIONNEMENT	43
VI.2.1. METHODE C.B.R (CALIFORNIEN- BEARING- RATIO)	43
VI.2.2. METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES ...	45
VI.3.PERFORMANCES MECANQUES DES MATERIAUX BITUMINEUX.....	51
VI.4. CONCLUSION.....	54
CHAPITRE VII ASSAINISSEMENT	
VII.1. INTRODUCTION	55
VII.2. ETUDE HYDROLOGIQUE	55
VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE.....	60
VII.3.1 DIMENSIONNEMENT DES BUSES.....	60
VII.3.2 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS.....	61

VII.4.ETUDE D'ASSAINISSEMENT	65
VII.4.1.DIMENSIONNEMENT DE FOSSE	65
CHAPITE VIII CONCEPTION D'ECHANGEUR	
VIII.1. INTRODUCTION.....	69
VIII.2. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR	70
VIII.3.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETelles	70
VIII.4. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE.....	72
VIII.5. CONCEPTION EN PLAN D'ECHANGEUR	75
CHAPITRE IX ETUDE D'IMPACT	
IX. 1.INTRODUCTION	76
IX.2. OBJECTIFS D'UNE ÉTUDE D'IMPACT	76
IX.3. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET	76
IX.4. EVALUATION DES EFFETS DU PROJET	77
IX.5.MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT.....	79
IX.6. CONCLUSION.....	80
CHAPITRE X OUVRAGE D'ART	
X.1. INTRODUCTION.....	81
X.2. OUVRAGE D'ART AU PK34+200	81
X.3. OUVRAGE D'ART AU NIVEAU DES ROUTES EXISTANTS	81
X.4. JUSTIFICATION DE CHOIX.....	82
CHAPITRE XI SIGNALISATION	
XI.1. INTRODUCTION	83
XI.2. REGLE ET L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE	83
XI.3. TYPES DE SIGNALISATION	83
CHAPITE XII DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	
CHAPITRE XIII RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	
XIII.1. INTRODUCTION.....	91
XIII.2. DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES.....	91
XIII.3. TECHNIQUES D'AUSCULTATION DES CHAUSSEES.....	95
CONCLUSION GENERALE	100
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	101
Cours.....	101
Documents.....	101
ANNEXE I TRACE EN PLAN.....	102
ANNEXE II PROFIL EN LONG	103
ANNEXE III CUBATURES	104

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU I. 1 ORGANISATION ADMINISTRATIVE.	3
TABEAU I. 2 : RESEAU ROUTIER OUM-EL-BOUAGHI.....	5
TABEAU II. 1 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE « P » (NORME B40) [1].....	11
TABEAU II.2 : COEFFICIENT « K1 » (NORME B40) [1].....	12
TABEAU II.3 : COEFFICIENT « K2» (NORME B40) [1].....	12
TABEAU II. 4 : VALEUR DE LA CAPACITE THEORIQUE (NORME B40) [1]	12
TABEAU III. 1 : PRINCIPALE DISTANCE DE VISIBILITE(M) ET VALEUR DE LA DECELERATION MOYENNE(Γ)	17
III. 2 : PARAMETRES GEOMETRIQUES.....	18
TABELAU IV. 1 : LES VALEURS LIMITES DES RAYONS (TRACE EN PLAN)	19
TABELAU IV. 2 : VALEURS DES RAYONS CHOISIS	21
TABELAU IV. 3 : LES DONNEES DE L'AXE A CALCULER	22
TABELAU IV. 4 : VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG	25
TABELAU IV. 5 : LES COORDONNEES DES POINTS CHOISIS EN TRACE EN PLAN.	26
TABELAU IV. 6 : LES COORDONNEES DES POINTS CHOISIS EN TRACE EN PLAN.....	27
TABELAU IV. 7 : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE PROFIL EN TRAVERS	31
TABEAU VI. 1 : ESSAIS EN LABORATOIRE	36
TABEAU VI. 2 : RESULTATS ESSAIS IN SITU.....	38
TABEAU VI. 3 : RESULTATS DES Puits DE RECONNAISSANCE.....	38
TABEAU VI. 4 : RESULTATS DES ESSAIS MECANQUES POUR LES Puits DE RECONNAISSANCE.	38
TABEAU VI. 5 : L'ETAT D'UN SOL EN FONCTION DE LA MASSE VOLUMIQUE.....	40
TABEAU VI. 6 : RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE POUR LE Puits K14.	41
TABEAU VI. 7 : CLASSIFICATION GTR DES MATERIAUX.....	41
TABEAU VI. 8 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI.....	ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.	
TABEAU VII. 1 : COEFFICIENT D'EQUIVALENCE DES MATERIAUX.....	44
TABEAU VII. 2 : EPAISSEURS REELLES ET EQUIVALENTE	45
TABEAU VII. 3 : VALEURS DES TEMPERATURES EQUIVALENTES	46
TABEAU VII. 4 : TYPES DE RESEAU PRINCIPAL.	47
TABEAU VII. 5 : VALEUR DU COEFFICIENT D'AGRESSIVITE A.	48
TABEAU VII. 6 : CLASSES DE PORTANCE DE SOLS	49
TABEAU VII. 7 : CLASSE DE PORTANCE SOL-SUPPORT	49
TABEAU VII. 8 : PERFORMANCES MECANQUES DES MATERIAUX BITUMINEUX.....	52
TABEAU VII. 9 : TABLEAU RECAPITULATIF	53

TABLEAU VIII. 1 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS	56
TABLEAU VIII. 2 : COEFFICIENT DE MONTANA.....	57
TABLEAU VIII. 3 : RESULTATS DE CALCUL.....	58
TABLEAU VIII. 4 : VALEURS DE COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT	58
TABLEAU VIII. 5 : VALEURS DES DEBITS DE CRUE.	59
TABLEAU VIII. 6 : DIAMETRES DES OUVRAGES BUSES	63
TABLEAU VIII. 7 : RESULTATS DES VERIFICATIONS POUR LES OUVRAGES BUSES.....	65
TABLEAU VIII. 8 : DIMENSIONS DES DALOTS POUR LE PROJET	65
TABLEAU VIII. 9 : CARACTERISTIQUES DES SOUS BASSINS VERSANTS CONCERNES.	66
TABLEAU VIII. 10 : COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT	67
TABLEAU VIII. 11 : DEBIT EQUIVALENT DES BASSINS VERSANTS	68
TABLEAU IX. 1 : VALEURS LIMITES DES RAYONS	70
TABLEAU IX. 2 : VALEURS LIMITES (PROFIL EN LONG)	71
TABLEAU IX. 3 : ZONE DE DECELERATION	72
TABLEAU IX. 4 : ZONE D'ACCELERATION	74
TABLEAU IX. 5 : CARACTERISTIQUES DES BRETELLES.....	75
TABLEAU XI. 1 : OUVRAGE D'ART AU NIVEAU DES ROUTES EXISTANTES	81
TABLEAU XII. 1 :TYPES DE MARQUAGES LONGITUDINAUX.....	85
TABLEAU XII. 2 :CARACTERISTIQUES DES LIGNES DISCONTINUES.....	85
TABLEAU XIII. 1:CARACTERISTIQUESMINIMALESDESGRANULATSPOUR BBME.....	97
TABLEAU XIII. 2: TEMPERATURESADMISSIBLES.	99

LISTE DES FIGURES

FIGURE I. 1 : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA D'OUM-EL-BOUAGHI	3
FIGURE I. 2 : CARTE DU RESEAU ROUTIER DE LA WILAYA D'OUM EL BOUAGHI	5
FIGURE I. 3 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET	6
FIGURE I. 4 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DU TRONÇON D'ETUDE	6
FIGURE I. 5 : PRESENTATION DES VARIANTES	9
FIGURE IV. 1 : GEOMETRIE DE LA CLOTHOIDE.	20
FIGURE IV. 2 : RACCORDEMENT CIRCULAIRE ENTRE DEUX ALIGNEMENTS.	22
FIGURE IV. 3 SCHEMA ILLUSTRATIF D'UN RAYON CONCAVE.	26
FIGURE IV. 4 : SCHEMA ILLUSTRATIF D'UN RAYON CONCAVE.....	27
FIGURE IV. 5 : ELEMENTS DE PROFIL EN TRAVERS TYPE.	29
FIGURE IV. 6 : ZONE DE SECURITE EN DEBLAI.	30
FIGURE V. 1 : SCHEMATISATION DES DEBLAIS ET REMBLAI SUR LE PROFIL EN LONG.	33
FIGURE VI. 1 EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE D'ALGERIE 1/500 000.....	34
FIGURE VI. 2 : IMPLANTATION DES PUIITS SUR IMAGE SATELLITAIRE	35
FIGURE VI. 3 DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE DIAMETRE.	39
FIGURE VI. 4 : ABAQUE DE CASAGRANDE.....	39
FIGURE VII. 1 : COUPE TRANSVERSALE D'UNE CHAUSSEE	43
FIGURE VII. 2 : CARTE CLIMATIQUE DE L'ALGERIE.....	46
FIGURE VII. 3 : CLASSES TPLi POUR RP1.....	47
FIGURE VII. 4 : CHOIX DE DIMENSIONNEMENT AVEC LE FASCICULE3.....	50
FIGURE VII. 5 : RESULTATS DE LA SIMULATION A L'AIDE DU LOGICIEL ALIZE-LCPC	53
FIGURE VII. 6 : LA STRUCTURE DE CHAUSSEE ADOPTEE	54
FIGURE VIII. 1 : COURBE INTENSITE-DUREE-FREQUENCE.....	57
FIGURE VIII. 2 : BUSE.....	60
FIGURE VIII. 3 : DALOT	61
FIGURE VIII. 4 : GEOMETRIE DU FOSSE	68
FIGURE IX. 1 : SCHEMAS DES TYPES D'ECHANGEURS	70
FIGURE IX. 2 : DISPOSITIF DE SORTIE DE L'AUTOROUTE	73
FIGURE IX. 3 : DISPOSITIF D'ENTREE DE L'AUTOROUTE	74

FIGURE IX. 4 : CONCEPTION EN PLAN D'ECHANGEUR.....	75
FIGURE XII. 1 : TYPES DE MARQUAGES LONGITUDINAUX (SECTION COURANTE).....	85
FIGURE XII. 2 : TYPES DE MARQUAGES LONGITUDINAUX (ECHANGEUR).....	86
FIGURE XII. 3 : FLECHES DE SELECTION.....	86
FIGURE XIII 1:FISSURE TRANSVERSALE.	91
FIGURE XIII 3 : FAÏENÇAGE DELA CHAUSSEE.....	92
FIGURE XIII 2:FISSURE LONGITUDINALE.	92
FIGURE XIII 4: DESENROBAGEET ARRACHEMENT.	93
FIGURE XIII 6 : NID-DE-POULE	94
FIGURE XIII 5 : RESSUAGEDELA CHAUSSEE.....	94

NOMMENCLATURE

BB	Béton Bitumineux
BAU	Bande D'arrêt D'urgence
BDG	Bande Dérasée Gauche
BDD	Bande Dérasée Droite
CC	Chemin Communal
CTTP	Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics
CW	Chemin de Wilaya
DTP	Direction des Travaux Publics
dm	Distance De Visibilité De Dépassement Minimale
dN	Distance De Visibilité De Dépassement Normale
GB	Grave Bitume
GC	Grave Concassée
GL	Grave Laitier
GNT	Grave non traitée
GBA	Glissière En Béton Adhérent, Dispositif de Retenue Routier
PK	Point Kilométrique
PL	Poids Lourd (Véhicule de Plus de 3.5tonnes de TPAC)
Pjmoy	Pluie Journalière Moyenne
RP1	Réseau Principal de Niveau 01
RP2	Réseau Principal de Niveau 02
RN	Route Nationale
RHM	Rayon Horizontal Minimal Absolu
RHN	Rayon Minimal Normal
RHd	Rayon au Dévers Minimal
RHnd	Rayon Minimal Non Déversé

Rv Rayon Vertical (M)

SB Sable Bitume

Teff Trafic Effectif

TUF Tuf Calcaire

TPLiClasse de Trafic en Essieux Equivalent de 13 Tonnes

TCEi Trafic Cumulé en Essieux Equivalents de 13 Tonnes.

TPC Terre-plein Central

TJMA Trafic Journalier Moyen Annuel

Vb Vitesse De Base (Km/h)

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport sont l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport. Parmi les types d'infrastructures de transport, la route fait partie des voies et moyens de communication considérée comme un atout important pour le développement socioéconomique d'un pays ou d'une région.

La modernisation du réseau routier constitue un véritable enjeu national. Cet objectif se traduit par un programme très important de réalisation engagée sur le court terme, conjugué à un effort budgétaire conséquent de l'état et des collectivités locales. Les grandes orientations du développement du réseau routier Algérien figurent sur le schéma directeur routier national. Parmi lesquels nous citerons les infrastructures structurantes et les réseaux routiers de maillage.

D'où l'importance du présent mémoire qui consiste à étudier une liaison routière en 2x2 voies reliant la RN100 à la future liaison Autoroutière Batna - Chelghoum Laïd sur un linéaire de 45 Km.

CHAPITRE I

PRESENTATION

DU PROJET

I.1. INTRODUCTION

La Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (RAHP) s'inscrit dans les grandes orientations du schéma national d'aménagement du territoire qui retient des efforts importants de développement des hauts plateaux. Elle constituerait une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre les régions des hauts plateaux et d'améliorer les liaisons avec la frange Nord du pays par l'intermédiaire des pénétrantes «Nord-Sud »raccordées à l'autoroute Est-Ouest.

Le projet de la Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux est décomposé en trois (03) lots :

- Lot Est : Allant de Batna à Tébessa sur 220 km.
- Lot centre : Allant de Tiaret à Batna sur 495 km.
- Lot Ouest : Allant d'El Aricha à Tiaret sur 305 km.

I.2. PRESENTATION DE WILAYA D'OUM EL BOUAGHI

a. Situation géographique

La wilaya d'Oum El Bouaghi se trouve implantée immédiatement aux confins méridionaux de l'Atlas tellien, occupant ainsi une position médiane dans la partie « hauts plateaux » Est du pays. Elle se situe à une altitude variant de 700 à 1000 mètres, elle est limitée par sept (07) wilaya :

- Constantine et Mila au Nord
- Guelma et Souk Ahras au Nord-Est
- Khenchela au Sud
- Batna au Sud-Ouest
- Tebessa au Sud-Est

La wilaya d'Oum El Bouaghi, qui faisait naguère, partie intégrante de la wilaya de Constantine a été créé en 1974. Restructurée par le découpage de 1984, la wilaya d'Oum- El Bouaghi est constituée actuellement de 12 Daïrates et 29 communes et s'étend sur une superficie de 6187Km².

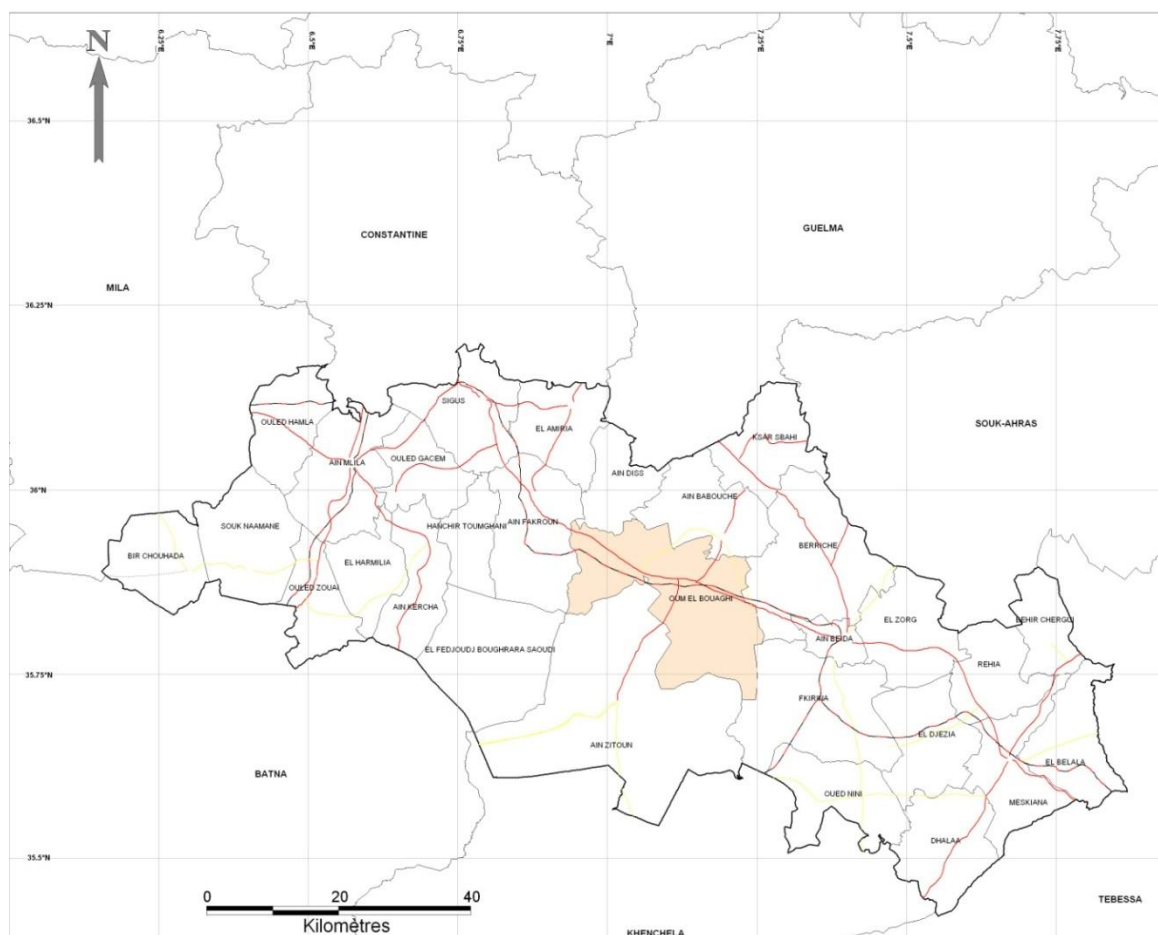


Figure I. 1 : Localisation géographique de la wilaya d'Oum-el-Bouaghi

b. Situation administrative

La wilaya d'Oum El Bouaghi, qui faisait naguère, partie intégrante de la wilaya de Constantine a été créé en 1974.

Restructurée par le découpage de 1984, la wilaya d'Oum El Bouaghi est constituée actuellement de 12 Daïrates et 29 communes et s'étend sur une superficie de 6187Km².

Tableau I. 1 Organisation administrative.

Daira (12)	Communes (29)
Oum El Bouaghi	Oum El Bouaghi / Aïn Zitoun
Aïn Beida	Aïn Beida / Berriche / Zorg
Aïn M'lila	AïnM'lila / OuledGacem / OuledHamla
Sigus	Sigus / El Amiria
Aïn Babouche	Aïn Babouche / Aïn Diss
Dhalâa	Dhalâa / Djazia
Aïn Kercha	Aïn Kercha / HenchirToumghani / Harmelia
Souk Naâmane	Souk Naâmane / OuledZouai / BirChouhada
F'kirina	F'kirina / OuedNini
KsarSbahi	KsarSbahi
Meskiana	Meskiana / Blalla / Rehia / BhairChergui
Aïn Fakroun	Aïn Fakroun / BoughraraSaoudi

c. Situation démographique

La population de la wilaya est estimée de 797 050 habitants en fin 2020, soit un taux d'accroissement annuel moyen de 1,90 % avec une densité de 129 hbt/Km². La population active évaluée à 247 518 personnes (31,05%) de la population globale, avec 213 846 occupés (86,40%) de la population active et 28 608 de chômeurs. Le taux de chômage il atteint 11,56% au niveau de la wilaya. Autrefois, Oum-el-Bouaghi est un village agricole, l'agriculture est la principale activité économique, alors que la vocation de région agropastorale est basée sur l'activité de la céréaliculture associée à l'élevage.

d. relief

Le relief La wilaya d'Oum-el-Bouaghi présente des milieux physiques bien distincts représentés :

- Au nord, par les versants méridionaux du Tell ;
- Au centre, par la haute plaine perchée entre 700 à 900 mètres d'altitude et parsemée de petits massifs montagneux isolés, à l'exemple de djebel Sidi Rghiss (1 635 mètres d'altitude), djebel Rherour (1 273 mètres) et djebel Amama (1 337 mètres) ; ils forment la partie est de l'Aurès ;
- Au sud, par des dépressions endoréiques dont la salinité est moins prononcée que celle des sebkhat.
- Le point culminant de la wilaya est le djebel Guerioun, 1 729 mètres d'altitude, près d'AïnM'lila. La majorité des oueds sont endoréiques ; ils coulent en direction des lacs salés et non vers la mer Méditerranée, sauf oued Settara et les affluents du Rhummel.
- Aussi,
- Les plaines : représentent 63,8% de la superficie totale de la wilaya ;
- Les plateaux et autres terres : représentent 18,9% de la superficie totale de la wilaya ;
- La région montagneuse : représente 17,3% de la superficie de la wilaya avec une altitude supérieure à 1 000m.

e. Les infrastructures de base existantes

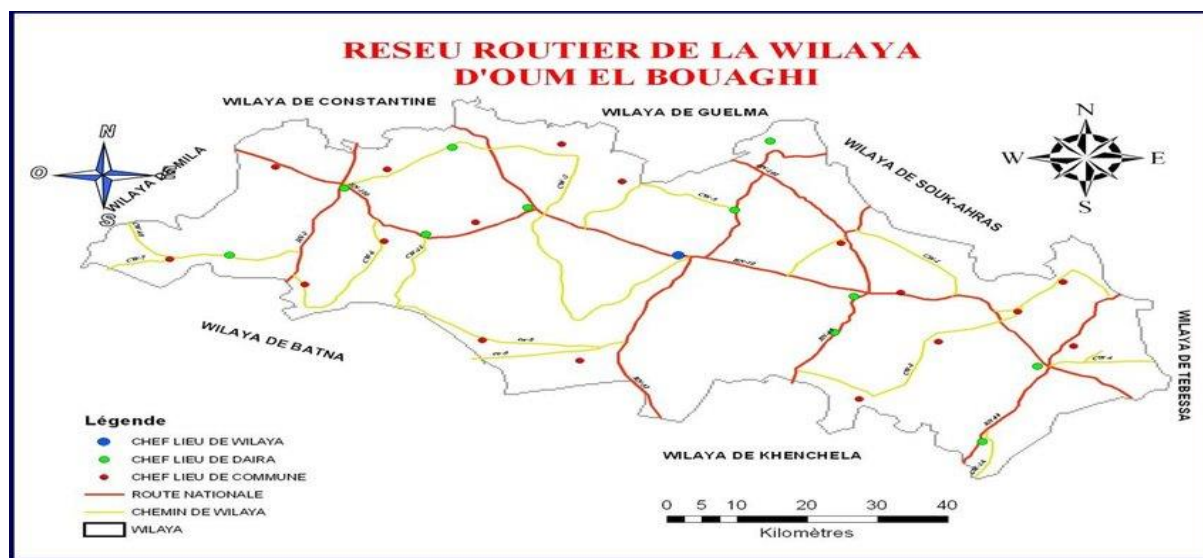
Le réseau routier

La wilaya d'Oum El Bouaghi est dotée d'un linéaire de 414,62 km de routes Nationales, soit 21,50 % du réseau routier de la wilaya ;

- Un réseau de chemins de wilaya d'une longueur de 412,66 km, soit 21,42% du réseau routier de la wilaya ;
- La desserte de la population rurale et éparsée est assurée par un réseau de chemins communaux consistant de près de 1099,280 Km, soit presque 57,07 % du réseau routier existant.

Tableau I. 2 : réseaux routier Oum-el-Bouaghi

Désignation	Longueur (Km)
Routes nationales	414,162
Chemins de wilaya	412,66
Cheminscommunaux	1 099,280
TOTAL	1 926,102

**Figure I. 2 : Carte du réseau routier de la wilaya d'OUM EL BOUAGHI**

f. Le climat

La wilaya d'Oum El Bouaghi se caractérise par un climat continental semi-aride et relativement sec ; les hivers sont froids avec des épisodes neigeux parfois importants, les étés sont très chauds et secs.

La pluviométrie annuelle varie de 200 à 400 mm et la température varie de 20 à 40 ° d'avril à septembre et de 8 à 25 ° d'octobre à mars. Le Sirocco souffle de 30 à 50 jours par an et les jours de glace sont estimés à 37 jours par an.

I.2. DESCRIPTION DU PROJET

Le présent projet s'inscrit dans le cadre des routes express une liaison routière en 2X2 voies reliant la RN100 à la liaison Autoroutière Batna - Chelghoum Laid sur un linéaire de 45 Kms.

La liaison urbaine qui fait l'objet de la présente étude traverse plusieurs localités. Cette liaison reliera sur son passage les principales localités de l'ouest d'Oum El Bouaghi, dont Ain Kercha, El Harmlia, OuledGacem, Ain M'Lila, OuledZouai, Souk Naamane, BirChouhada. Profiteront aussi de l'accès rapide à la future liaison autoroutière reliant l'autoroute Est-Ouest à BATNA et la pénétrante projetée (l'autoroute Est-Ouest (Chelgoume Laid) à BATNA), augmentant du fait leurs échanges de biens et services.

Notre projet constitue d'une étude d'un tronçon de 10km (pk30+000 pk40+00).

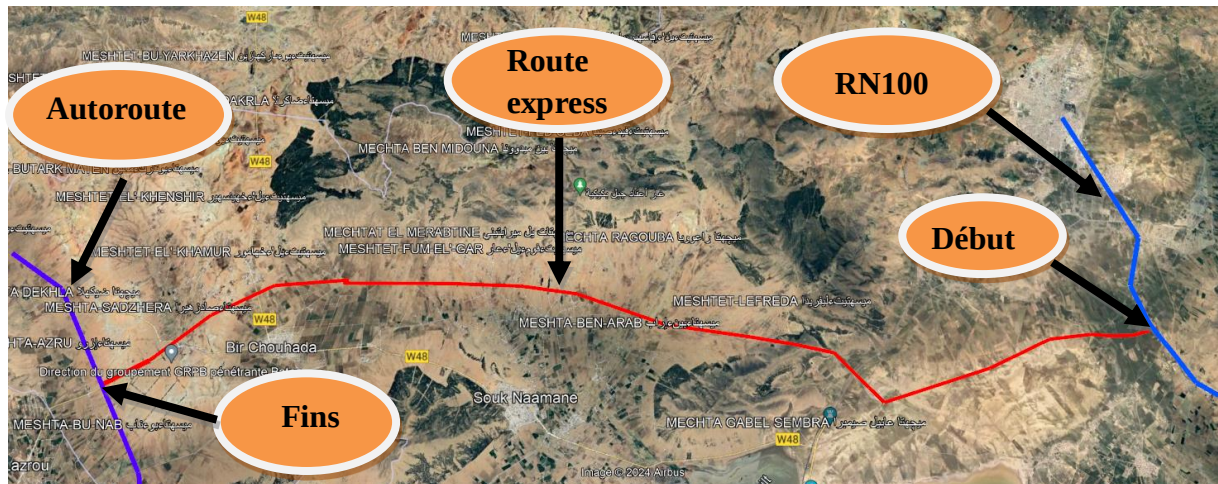


Figure I. 3 : Situation géographique du projet

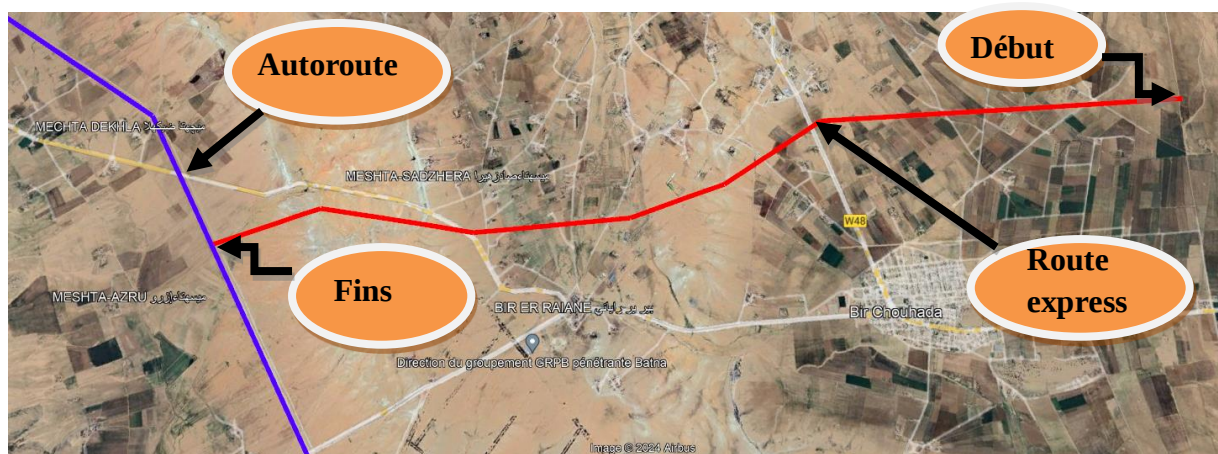


Figure I. 4 : Situation géographique du tronçon d'étude

I.4. L'OBJECTIF DU PROJET

Le projet permettra de structurer et dynamiser le territoire et pourra donc être à l'origine de projets à venir. Les desserts des communes seront source de dynamisme et d'échanges commerciaux. Il génèra ainsi des avantages appréciables sur l'urbanisme et l'activité économique dans la zone d'influence du projet.

L'implantation du ce projet permet aussi de :

- Gains de temps : La pénétrante permet de réduire les temps de transports.
- Gains de circulation : la diminution du nombre d'accidents.
- Gains de confort des usagers.

I.5. RAPPEL DE L'ETUDE APS

Le but de la phase préliminaire est d'évaluer les différentes variantes en regard de leur conception routière, et de choisir sur la base de l'analyse des différents critères la meilleure variante dans lequel doit s'insérer le tracé de la route.

Dans le cadre de la recherche de la variante optimale, le sept setif ont proposés 04 variantes ce qui facilité la comparaison entre les différentes variantes et de ressortir la variante optimale qui représente la meilleure solution d'aménagement du point de vue technico-économique.

Les quatre (04) variantes proposées sur la base des contraintes topographiques, géométriques, urbanistiques et d'environnement seront définis comme suit :

Variante 01

Elle prend son origine de la RN 100 au PK 55 à proximité de la localité El Harmlia par un échangeur, en traversant la future liaison autoroutière reliant l'autoroute est-ouest à BATNA au niveau de l'échangeur de Ain Kercha PK 45+900, cette variante contourne la ville d'El Harmlia sur le côté Sud, la variante se dirige vers l'Ouest en traversant le chemin communal reliant El Harmlia - Ain Kercha et le CW 06 au PK 5.

Elle épouse le chemin communal reliant El Harmlia et la RN 03 sur un linéaire de 7.5km en traversant la RN 03 au PK 149 par un échangeur puis elle épouse le chemin de wilaya CW 48 sur un linéaire de 5 km en passant entre la zone humide SebkhetTinsilt et Djebel Anouda Jusqu'au PK 43.

La variante dévie et prend la direction Nord-Ouest en contournant le village de Souk Naaman, côté nord sur un linéaire de 9km en traversant deux chemins communaux et elle épouse de nouveau le CW 48 du PK 34 au pk 30 sur un linéaire de 3.5 km. La variante dévie autre fois en contourne le village de BirChouhada côté nord sur un linéaire de 7 km à l'intersection de CW07 (PK 3) reliant CW07 limite wilaya, en traversant le CW48 au PK26.

La variante épouse le chemin communal reliant CW07 limite wilaya sur 3km et se raccorde à la pénétrante projetée l'autoroute est-ouest (ChelgoumeLaid) à BATNA par un échangeur.

Variante 02

Elle prend son origine de la RN 100 au PK 51 à l'intersection de RN100-CC à proximité à la localité El Harmlia par un échangeur, cette variante épouse le chemin communal sur un linéaire de 2 km.

Ensuite elle contourne la ville d'El Haremlia sur le côté Nord. La variante se dirige vers l'Ouest, elle épouse de nouveau le chemin communal reliant El Harmlia et la RN 03 sur un linéaire de 5.5 km en traversant la RN 03 au PK 149 par un échangeur puis elle épouse le chemin wilaya CW 48 sur un linéaire de 7.5 km en passant entre de la zone humide SebkhetTinsilt et Djebel Anouda Jusqu'au PK 41.

La variante dévie et prend la direction Sud-Ouest en contournant le village de Souk Naaman, le village de BirChouhada et DjbelGuedmane, côté sud sur un linéaire de 17 km en traversant deux chemins communaux et elle épouse CW 07 du PK 2 au pk 3 à l'intersection de CW07 (PK 3) -CC reliant BirChouhada limite wilaya, en traversant le chemin communal reliant BirChouhada limite wilaya.

La variante épouse le chemin communal reliant CW07 limite wilaya sur 3km et se raccorde à la pénétrante projetée l'autoroute est-ouest (Chelgoume Laid) à BATNA par un échangeur.

Variante 03

Cette variante a pour but d'assurer le contournant du village de Souk Naaman plus loin de la variante 1, elle a le même tracé que la variante 01 sur un linéaire de 19km ou elle épouse le chemin wilaya CW 48 sur un linéaire de 7.5 km en passant entre de la zone humide SebkhetTinsilt et Djebel Anouda Jusqu'au PK 44.

La variante dévie et prend la direction Nord-Ouest en contournant le village de Souk Naaman plus loin de la variante 1, côté nord sur un linéaire de 19km en traversant trois chemins communaux, elle rapproche de CW48.

La variante dévie et prend la direction Nord-Ouest en contournant le village de Souk Naaman reprenant le même tracé de la variante 01 jusqu'à le raccordement à la pénétrante projetée l'autoroute est-ouest (Chelgoume Laid) à BATNA par un échangeur.

Variante 04

Elle prend son origine de la RN 100 au PK 51 au nord de la localité El Harmlia par un échangeur, cette variante dirige vers l'Ouest.

La variante continuera par la suite se diriger vers RN03 au PK146 en traversant par un échangeur, ensuite la variante traverse le versant entre Djebel Anouda et Djbel Nif en Ser sur un linéaire de 1.5 km. Le profil en long de cette section présente des pentes plus au moins importantes et des déblais et remblais importants comptes tenus du relief accidenté.

Le tracé continuera par la suite se diriger vers BirChouhada, nord le village de Souk Naaman jusqu'à l'intersection de CW07 (PK 3) reliant CW07 limite wilaya, en traversant deux chemins communaux et le CW48 au PK 26.

La variante épouse le chemin communal reliant CW07 limite wilaya sur 3km et se raccorde à la pénétrante projetée L'AUTOROUTE EST-OUEST (Chelgoume Laid) à BATNA par un échangeur.

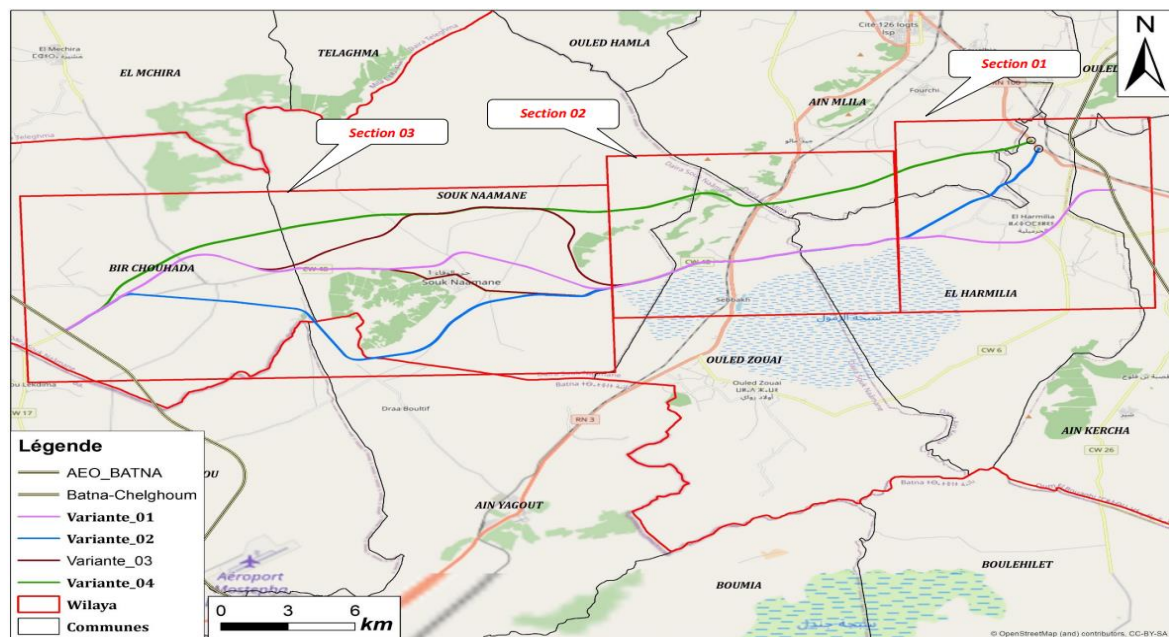


Figure I. 5 : Présentation des variantes

CHAPITRE II

CALCUL DU

TRAFIC

II. 1. INTRODUCTION

L'étude de trafic est une étape importante dans l'étude d'un projet routier, elle a pour objet de connaître les différents flux à travers une région. Donc elle permet de clarifier les décisions relatives à la politique des transports, et à l'élaboration des plans d'aménagement, de développement ou transformation des infrastructures.

L'étude de trafic, est une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers nécessaires pour :

Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé et position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier.
- Apprécier la valeur économique des projets routiers.

II. 2. ANALYSE DE TRAFIC

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

Comptages : C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, qui permet de quantifier le trafic, on distingue deux types de comptage :

Les comptages automatiques.

Les comptages manuels.

Les enquêtes : elles permettent de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, donc elle permet de distinguer :

Trafic de transit : Origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).

Trafic d'échange : Origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).

Trafic local : Trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.

Calcul de la capacité

La capacité est le flux horaire maximum de véhicules qui peuvent passer par une direction de la route (ou deux directions) durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

- Le calcul de la capacité dépend :
- Des conditions de trafic.
- Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des caractéristiques de la section considérée (nombre et largeur de voies).

Calcul du (TJMA) horizon

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

$$TJMAh = TJMA0 (1 + \tau)^n$$

Tel que :

- $TJMAh$: Le trafic à l'année horizon.
- $TJMA0$: Le trafic à l'année de référence.
- n : nombre d'année d'exploitation.
- τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

Traffic effectifs

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P). Le trafic effectif donné par la relation :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ]TJMAh$$

Tel que :

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

Tableau II. 1 : Coefficient d'équivalence « P » (norme B40) [1]

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Débit de pointe horaire normale

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

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

Tel que :

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

Débit horaire admissible

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

$$Q_{adm} = K1.K2.Cth$$

Tel que :

- K1: Coefficient lié à l'environnement
- K2 : Coefficient de réduction de capacité
- Cth : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable

Tableau II.2 : Coefficient « K1 » (norme B40) [1]

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9

Tableau II.3 : Coefficient « K2 » (norme B40) [1]

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.910	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II. 4 : Valeur de la capacité théorique (norme B40) [1]

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

Calcul du nombre des voies

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir $Q_{adm} \leq Q$

Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$n = S \left(\frac{Q}{Q_{adm}} \right)$$

Tel que :

- S : Coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3
- Q_{adm} : Débit admissible par voie.

II.3. Application au projet

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par SET Setif qui sont les suivants :

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2021 = 11137 v/j
- Année de mise en service = 2025
- Le pourcentage de poids lourds = 22%
- Coefficient d'accroissement annuel = 3.5%
- Durée de vie = 20 ans
- Environnement = E1
- Catégorie de la route = C1

Calcul de TJMA année de mise en service

- $TJMA_{2025} = (1+\tau)^n \times TJMA_{2021}$
- $TJMA_{2025} = (1+0.035)^4 \times 11137 = 7249 \text{ v/j}$

$$TJMA_{2025} = 12780 \text{ v/j}$$

Calcul de TJMA horizon 2045

- $TJMA_{2045} = (1+\tau)^n \times TJMA_{2025}$
- $TJMA_{2045} = (1+0.035)^{20} \times 12780 = 25430 \text{ v/j}$

$$TJMA_{2045} = 25430 \text{ v/j}$$

Calcul des trafics effectifs

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]TJMAh$$

On a :

- $P=2$ (route de bonne caractéristique, E1)
- $Z=22\%$
- $T_{eff} = [(1 - 0.22) + 2 \times 0.22] \times 25430 = 31025 \text{ uvp/j}$

$$T_{eff} = 31025 \text{ uvp/j}$$

Débit de pointe horaire normal

- $Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{eff}$
- $Q = 0.12 \times 31025 = 3723 \text{ uvp/j}$

$$Q = 3723 \text{ uvp/j}$$

Débit admissible

- $Q_{adm} = K1K2C_{th}$
- Catégorie C1 $\rightarrow K1=0.75$
- Environnement E1 $\rightarrow K2=1$
- $C_{th}=1800 \text{ uvp/h}$ (route à chaussée séparée, B40)
- $Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h}$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h}$$

Détermination du nombre de voie

- $n = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{Q}{Q_{adm}}\right)$
- $n = \left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{3723}{1350}\right) = 1.84$

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

Calcul de l'année de saturation

- $n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q_{2025}})}{\ln(1+\tau)}$
- $Q_{sat} = 2 \times Q_{adm}$
- $Q_{sat} = 2 \times 1350 = 2700 \text{ uvp/h}$
- $Q_{2025} = 0.12 \times T_{eff2025}$
- $T_{eff2025} = [(1 - 0.22) + 2 \times 0.22] \times 11137 = 13587 \text{ uvp/h}$
- $Q_{2025} = 0.12 \times 13587 = 1630 \text{ uvp/h}$
- $n = \frac{\ln(\frac{2700}{1630})}{\ln(1+0.035)} = 27 \text{ ans}$

L'année de saturation

$$n = 2025 + 27 = 2052$$

II.4. CONCLUSION

L'étude du trafic est une parité indispensable dans le projet routier elle joue un rôle important dans l'étude géométrique et le dimensionnement du corps de chaussée.

CHAPITRE III
ETUDE
GEOMETRIQUE

III.1. INTRODUCTION

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

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

III.2. OBJECTIF DE L'ICTAAL

L'ICTAAL contient les principes généraux et les règles techniques fondamentales sur ces routes, qui sont généralement dotées du statut d'autoroute ou de route express.

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures urbaines nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant.

Choix de la catégorie

Les autoroutes ou sections d'autoroutes sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation de sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur.

On distingue :

La catégorie L1

Appropriée en région de plaine ou vallonnées où les contraintes de relief sont modérées.

La catégorie L2

Mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Les catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales 130km/h et 110km/h.

Visibilité

La visibilité caractérise la possibilité offerte aux usagers de voir suffisamment tôt les informations pour adapter un comportement ou réaliser une manœuvre.

La distance de visibilité doit être suffisante pour permettre aux véhicules sans priorité d'effectuer les manœuvres nécessaires sans mettre en danger les véhicules prioritaires.

Règles de visibilité

- Visibilité en section courante
- Visibilité à l'approche des points d'accès
- Visibilité dans un échangeur
- Visibilité sur un refuge

Vérification des règles de visibilité

Compte tenu des vitesses élevées pratiquées sur autoroute, les règles de visibilité conduisent à des distances de visibilité importantes.

Il est le plus souvent possible de respecter les règles de visibilité en soignant la coordination du tracé en plan, du profil en long et de l'implantation des points singuliers (accès, péages....) et en adaptant le traitement des accotements ou du terre-plein central (distance du talus de déblais, position des équipements, hauteur des plantations ...).

Lorsque les règles de visibilité ne peuvent être malgré tout respectées, une réduction locale de la vitesse maximale autorisée peut être mise en œuvre, sous réserve que le traitement de la voie et son environnement en permette une perception claire par l'utilisateur.

Tableau III. 1 : Principale distance de visibilité(m) et valeur de la décélération moyenne(γ)

Vitesse (Km/h)	50	70	90	110	130
Décélération moyenne ($\gamma(v)$)	0.46	0.44	0.4	0.36	0.32
Distance d'arrêt (d_a) en palier ($p=0$)	50	85	130	195	280
Distance de manœuvre en sortie	85	120	150	185	220

III.3. PARAMETRES GEOMETRIQUES

Pour notre projet la catégorie de la route est L1 avec une vitesse maximale ($V=130\text{Km/h}$).

Tableau III. 2 : Paramètres géométriques.

Trace en plan	
Rayon minimum absolue (R_m) (m)	600
Rayon minimum non diverse (R_{nd}) (m)	1000
Rayon minimum sans courbe de transition ($1.5R_{nd}$) (m)	1500
Profil en long	
Déclivité maximum (%)	5
Déclivité minimum (%)	0.05
Rayon minimal de raccordement convexe (m)	12500
Rayon minimal de raccordement concave (m)	4200
Profil en travers	
Nombre de voie dans chaque chassée (m)	2
Largeur de voie (m)	3.5
Dévers maximum (%)	7
Dévers minimum (%)	2.5

III.4. TRACE EN PLAN

Il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

La disposition générale du tracé en plan est dans ses grandes lignes déterminée par un ensemble de contraintes identifiées dans le cadre des études préalables et relevant des domaines de l'environnement, de la topographie, de la géologie ou de l'habitat croisées avec les fonctionnalités attendues de la voie (localités à desservir, points de passage obligés pour le tracé, etc.).

Le tracé en plan est profondément marqué par l'influence de la dynamique des véhicules : leur stabilité n'est acquise qu'à condition de respecter les lois liant vitesse du véhicule, rayon de courbure du tracé en plan et dévers de chaussée (comprenant l'effet des forces centrifuges). Il faut tenir compte également de l'influence des facteurs physiologiques intervenant lors de la conduite et éventuellement des problèmes de visibilité.

Caractéristiques du trace en plan

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

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Valeur des rayons

Les rayons doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau IV.1.

Tabelau III. 1 : Valeurs limites des rayons (tracé en plan)

Catégories	L1
Rayon minimal (Rm)	600 m
Rayon minimal au dévers normal (Rdn)	1000 m
Rayon minimal sans courbe de transition	1500 m

Il est conseillé de remplacer les long alignements droits par des grands rayons, L'emploi des rayons supérieurs ou égaux à $1.5R_{dn}$ est souhaitable dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Enchaînement des éléments du trace en plan

Des courbe circulaires de rayon modère ($<1.5R_{nd}$) ne peuvent être pas utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du trace en plan ci-après :

Introduire de telle courbe sur une longueur de 500 à 1000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successive doivent satisfaire la condition :

- $R_1 < 1.5R_2$, ou R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et $R_2 (<1.5R_{nd})$ celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparé deux courbes successifs par un alignement droit d'au moins 200m sauf pour deux courbes de sens contraire introduit par des raccordements progressifs.

Raccordements progressifs

Les courbes de rayon inférieurs à $1.5R_{nd}$ sont introduit par des rayons de raccordement progressive (clothoïdes).

Leur longueur est au moins égal à la plus grande des deux valeurs : $14|\Delta\delta|$ et $R/9$.

où :

- R note le rayon de courbure (en m)
- $\Delta\delta$ la différence des pentes transversal (en %) des éléments du trace raccordés.

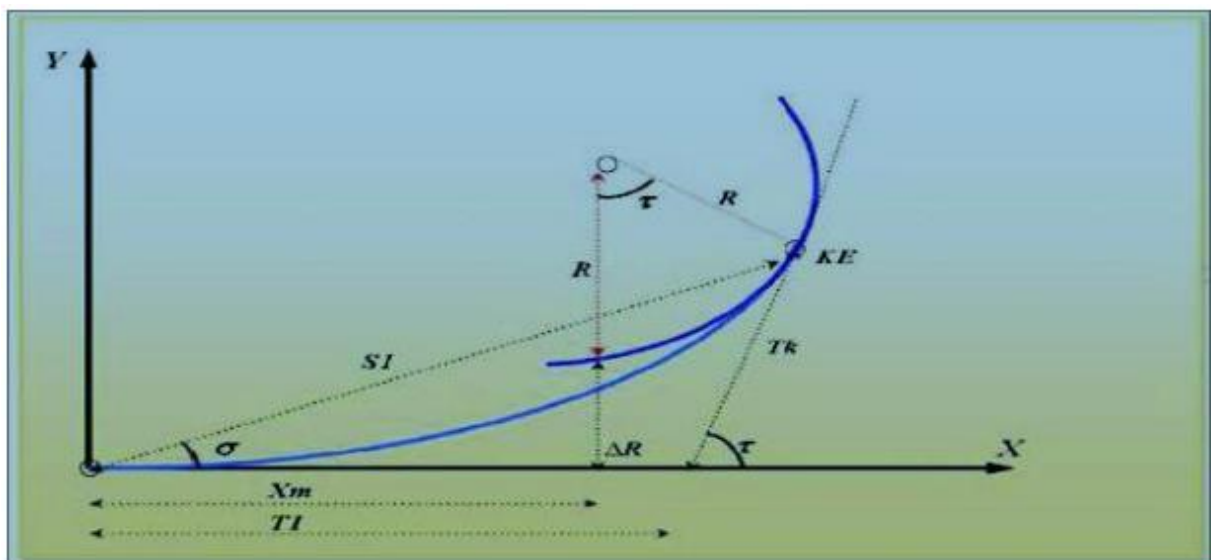


Figure III. 1 : Géométrie de la clothoïde.

- R : rayon du cercle.
- L : longueur de la branche de clothoïde.
- A : paramètre de la clothoïde.
- KA : origine de la clothoïde.
- KE : extrémité de la clothoïde.
- ΔR : ripage.
- τ : angle des tangentes.
- TC : tangente courte.
- TL : tangente longue.
- σ : angle polaire.
- SL : corde KE –KA.
- M : centre du cercle d'abscisse X_m
- X_m : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.
- Y_m : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.
- X : abscisse de KE.
- Y : ordonnée de KE.

Règles à respecter dans le tracé en plan

- Pour faire une bonne conception de tracé en plan dans les normes, il est recommandé de :
- Chercher le plus court chemin du point de vue technique et du point de vue économique.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau existant.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

III.4.1. APPLICATION AU PROJET

Le tableau IV.1 représente les valeurs des rayons choisis pour l'axe en plan :

Tableau III. 2 : Valeurs des rayons choisis

Rayon	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Valeurs(m)	6000	1540	1500	1500	1500	1630	1500

Exemple de calcul manuel de tracé en plan

$R = 1500 \text{ m} = 1.5R_{nd} \Rightarrow d = -2.5\%$ donc le calcul se fait pour un rayon sans clothoïde.

Tabelau III. 3 : Données de l'axe à calculer

pt	X	Y
A	253759.837	3976832.763
B	253360.412	3976482.596
S	253591.6226	3976621.7506

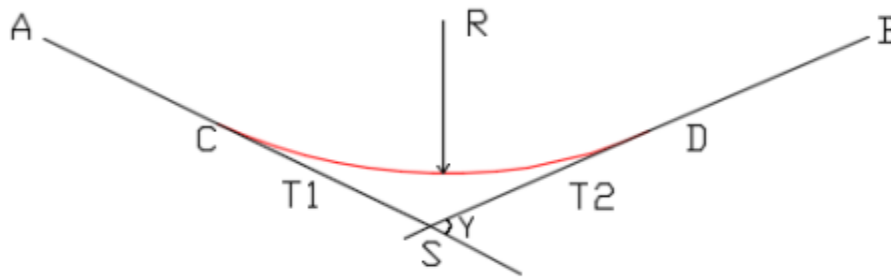


Figure III. 2 : Raccordement circulaire entre deux alignements.

Calcul des gisements

- $$\begin{cases} \Delta X_{AS} = X_s - X_A = 253591.6226 - 253759.837 = -168.2144 \text{ m} \\ \Delta Y_{AS} = Y_s - Y_A = 253591.6226 - 253759.837 = -168.2144 \text{ m} \end{cases}$$
- $$G_{AS} = 200 + \arctg\left(\frac{|\Delta X_{AS}|}{|\Delta Y_{AS}|}\right) = 200 + \arctg\left(\frac{|-168.2144|}{|-211.0127|}\right) = 242.845 \text{ grade}$$

$$G_{AS} = 242.845 \text{ grade}$$

- $$\begin{cases} \Delta X_{BS} = X_s - X_B = 253591.6226 - 253360.412 = 231.2106 \text{ m} \\ \Delta Y_{BS} = Y_s - Y_B = 3976621.7506 - 3976482.596 = 139.1546 \text{ m} \end{cases}$$
- $$G_{BS} = \arctg\left(\frac{|\Delta X_{BS}|}{|\Delta Y_{BS}|}\right) = \arctg\left(\frac{|231.2106|}{|139.1546|}\right) = 65.509 \text{ grade}^2$$

$$G_{BS} = 65.509 \text{ grade}$$

- $$G_{SB} = 200 + G_{BS} = 200 + 65.509 = 265.509 \text{ grade}$$

$$G_{SB} = 265.509 \text{ grade}$$

Calcul des angles

- $$\gamma = |G_{AS} - G_{SB}| = 242.845 - 265.509 = 22.664 \text{ grade}$$

$$\gamma = 22.664 \text{ grade}$$

Calcul de la tangente

- $T = \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \times R = \tan\left(\frac{22.664}{2}\right) \times 1500 = 269.860 \text{ m}$

$$T = 269.860 \text{ m}$$

Calcul de la longueur d'arc

- $L = R \times \frac{\pi}{200} \times \gamma = 1500 \times \frac{\pi}{200} \times 22.664 = 534.007 \text{ m}$

$$L = 534.007 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points singuliers

- $C \begin{cases} x_C = x_S - T \times \sin(GAs) = 253591.6226 - 269.860 \times \sin(242.845) = 253759.84 \\ y_C = y_S - T \times \cos(GAs) = 3976621.7506 - 269.860 \times \cos(242.845) = 3976832.77 \end{cases}$

$$x_C = 253759.84 \quad y_C = 3976832.77$$

- $D \begin{cases} x_D = x_S + T \times \sin(GAs) = 253591.6226 + 269.860 \times \sin(242.845) = 253423.52 \\ y_D = y_S + T \times \cos(GAs) = 3976621.7506 + 269.860 \times \cos(242.845) = 3976410.73 \end{cases}$

$$x_D = 253423.52 \quad y_D = 3976410.73$$

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatible avec ceux qui son tirer de logiciel.

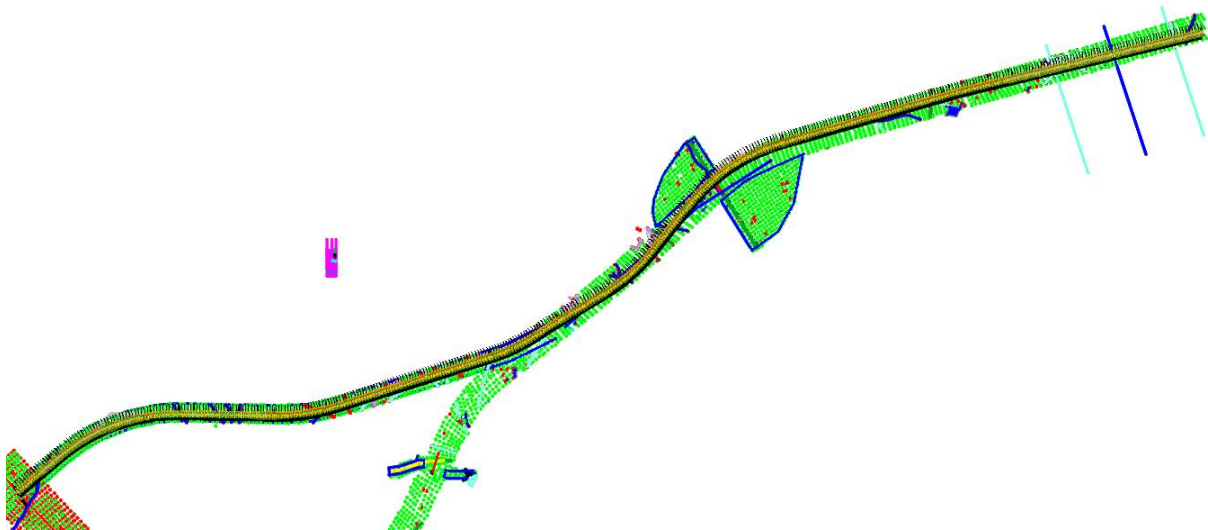


Figure III.3 : Axe en plan

III.5 .PROFIL EN LONG

III.5 .1.INTRODUCTION

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 (n'est pas une projection horizontale).

Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terreplein (axe de référence)

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours l'assainissement.

Eléments géométriques du profil en long

Les alignements

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

Déclivité

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle s'appelle une pente pour les descentes et de rampe pour les montées. Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence m des deux déclivités.

Déclivité minimum

Afin d'assurer l'évacuation 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 des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

Déclivité maximale

La déclivité maximale dépend de l'adhérence des pneus à la chaussée et 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 camions (poids lourds PL) qui sont déterminants, car la plupart des VP ont une grande réserve de puissance.

Raccordement

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

Raccordements convexes

Leur rayon R_V doit satisfaire deux conditions :

- Condition de confort.

- Condition de visibilité.

Raccordement concave (rentrants)

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

Coordination trace en plan et 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, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent 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 :

$R_{vertical} > 6R_{horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion.

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

III.5.2. APPLICATION AU PROJET

Valeurs limites

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau IV.3

Tabelau III. 4 : Valeur limites des paramètres de profil en long

catégorie	L1	L2
Déclivité maximal	5%	6%
Rayon minimal en angle saillant	12500m	6000 m
Rayon minimal en angle rentrant	4200 m	3000 m

Exemple de calcul manuel de profil en long

Cas d'un rayon concave

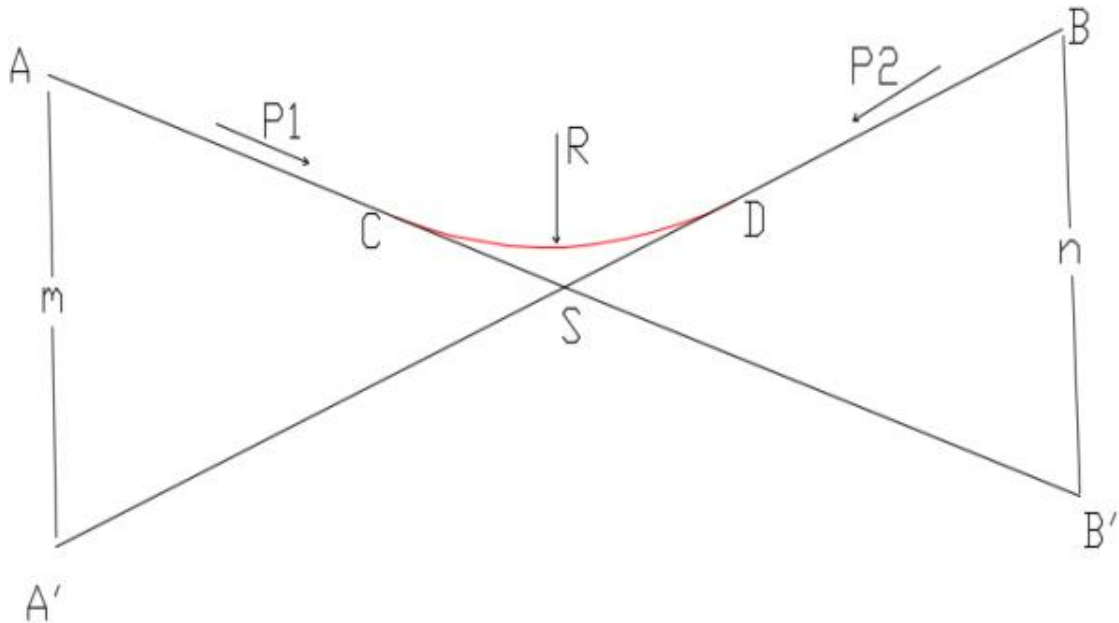


Figure III. 4 Schéma illustratif d'un rayon concave.

Tabelau III. 5 : les coordonnées des points choisis trace en plan.

POINTS	X	Z	PANTES	RAYON (m)	L(m)
A	4457.770	854.203	-0.63 %	10000.000	790.207
B	5247.977	856.456	1.29 %		

Calcul des coordonnées des points ZA' ZB'

$$\{ ZA' = ZB - L \times |P2| = 856.456 - 790.207 \times 0.0129 = 846.262 \text{ m}$$

$$\{ ZB' = ZA - L \times |P1| = 854.203 - 790.207 \times 0.0063 = 849.225 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées de sommet S

$$\left\{ \begin{array}{l} XS = XA + \frac{L \times m}{n + m} = 4457.770 + \frac{790.207 \times 7.941}{7.941 + 7.231} = 4871.363 \text{ m} \\ Zs = ZA - XAS \times |P1| = 854.203 - 449.593 \times 0.0063 = 851.370 \text{ m} \end{array} \right.$$

Calcul des tangentes

$$T = \frac{|P1| + |P2|}{2} \times R = \frac{0.0129 + 0.0063}{2} \times 10000 = 96 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes

$$\begin{cases} XC = XS - T = 4871.363 - 96 = 4775.363\text{m} \\ ZC = ZS + T \times |P1| = 851.370 + 96 \times 0.0063 = 851.975\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} XD = XS + T = 4871.363 + 96 = 4967.363\text{m} \\ ZD = ZS + T \times |P2| = 851.370 + 96 \times 0.0129 = 852.608\text{m} \end{cases}$$

Calcul de la longueur de raccordement

$$L = 2 \times T = 2 \times 96 = 192 \text{ m}$$

Calcul de la flèche BX

$$Bx = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{96^2}{2 \times 10000} = 0.461\text{m}$$

Calcul des cordonnés du sommet J

$$\begin{cases} XJA = R \times |P1| = 10000 \times 0.0063 = 63 \text{ m} \\ ZJA = XJA \times |P1| - \frac{XJA^2}{2 \times R} = 63 \times 0.0063 - \frac{63^2}{2 \times 10000} = 0.198 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} XJ = Xc + XJA = 4775.363 + 63 = 4838.363\text{m} \\ ZJ = ZC - ZJA = 851.975 - 0.198 = 851.777\text{m} \end{cases}$$

Cas d'un rayon convexe

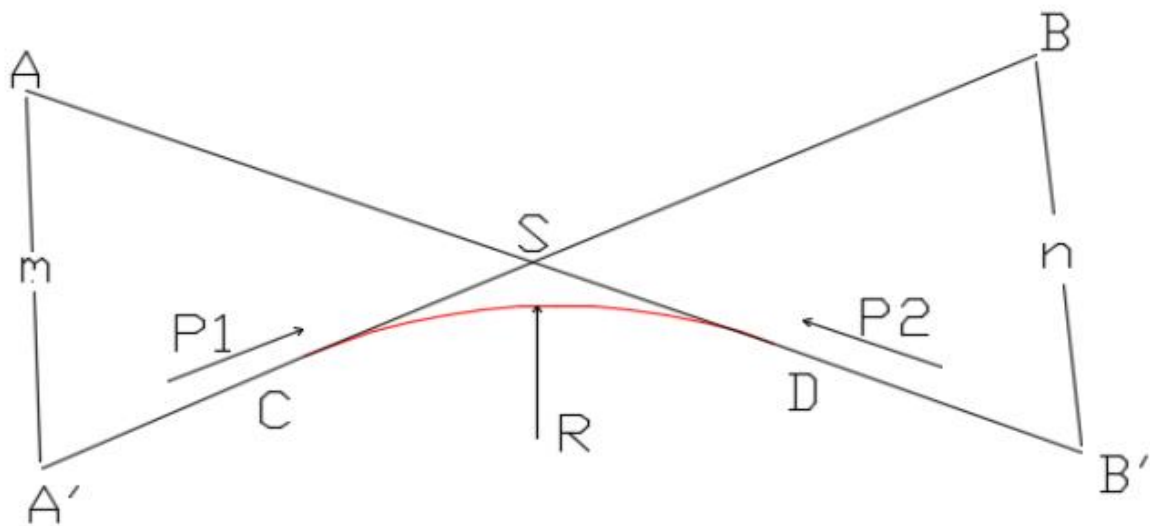


Figure III. 5 : Schéma illustratif d'un rayon concave.

Tabelau IV. 6 : les cordonnée des points choisi trace en plan.

POINTS	X	Z	PANTES	RAYON (m)	L(m)
A	2252.977	833.482	1.64 %	14000.000	1202.277
B	3455.254	840.447	-0.55 %		

Calcul des coordonnées des points ZA' ZB'

$$\begin{cases} ZA' = ZB + L \times P2 = 840.447 + 1202.277 \times 0.0055 = 847.06m \\ ZB' = ZA + L \times P1 = 833.482 + 1202.277 \times 0.0164 = 853.199m \end{cases}$$

Calcul des coordonnées de sommet S

$$\begin{cases} XS = XA + \frac{L \times m}{n + m} = 2252.977 + \frac{1202.277 \times 13.578}{12.722 + 13.578} = 2873.681 \text{ m} \\ ZS = ZA + XAS \times |P1| = 833.482 + 620.704 \times 0.0164 = 843.662 \text{ m} \end{cases}$$

Calcul des tangentes

$$T = \frac{|P1| + |P2|}{2} \times R = \frac{0.0164 + 0.0055}{2} \times 14000 = 153.3 \text{ m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes

$$\begin{cases} XC = XS - T = 2873.681 - 153.3 = 2720.381m \\ ZC = ZS - T \times |P1| = 843.662 - 153.5 \times 0.0164 = 841.145m \end{cases}$$

$$\begin{cases} XD = XS + T = 2873.681 + 153.3 = 3026.981m \\ ZD = ZS - T \times |P2| = 843.662 - 153.3 \times 0.0055 = 842.819m \end{cases}$$

Calcul de la longueur de raccordement

$$L = 2 \times 153.3 = 306.6 \text{ m}$$

Calcul de la flèche BX

$$Bx = \frac{T^2}{2 \times R} = \frac{153.3^2}{2 \times 14000} = 0.839m$$

Calcul des cordonnés du sommet J

$$\begin{cases} XJA = R \times |P1| = 14000 \times 0.0164 = 229.6 \text{ m} \\ ZJA = XJA \times |P1| - \frac{XJA^2}{2 \times R} = 229.6 \times 0.0164 - \frac{229.6^2}{2 \times 14000} = 1.883 \text{ m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} XJ = Xc + XJA = 2720.381 + 229.6 = 2949.981 \text{ m} \\ ZJ = ZC + ZJA = 841.145 + 1.883 = 843.028 \text{ m} \end{cases}$$

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatible avec ceux qui son tirer de logiciel.

III.6.PROFIL EN TRAVERS

III.6.1.INTRODUCTION

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Le choix du nombre de voies de circulation, celui de leur largeur et celui de la structure générale du profil en travers est à la fois dicté par les débits que l'on souhaite écouler et par la fonction que l'on souhaite faire jouer à la route.

Eléments du profil en travers

- Chaussée
- Le terre-plein central
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)
- La bande moyenne BM
- Accotements
- La bande d'arrêt d'urgence BAU
- La berme

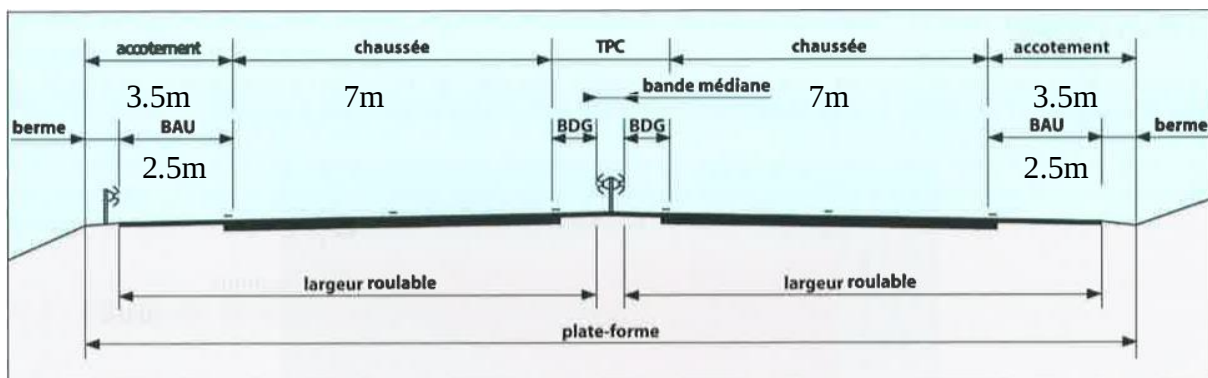


Figure III. 6 : Eléments de profil en travers type.

Zone de sécurité

La largeur de la zone de sécurité et, à compte au bord de la chaussée, de 10m pour la catégorie L1. En déblai, la zone de sécurité ne tend pas au-delà d'une hauteur de 3m.

Dans la zone de sécurité doit être isolé si non exclu tout dispositif agressif constitué par :

- Obstacle : arbre, poteau, maçonnerie...
- Caniveau non couvert
- Fausse dépassant 50cm de profondeur, sauf il s'agit d'un faussée de pente inférieure de 25%.
- Talus de déblai ou un merlon dont la pente dépasse 70%.
- Remblai de plus de 4m de haut dont la pente dépasse 25%, ou de plus de 1m en cas de dénivellation brutale.

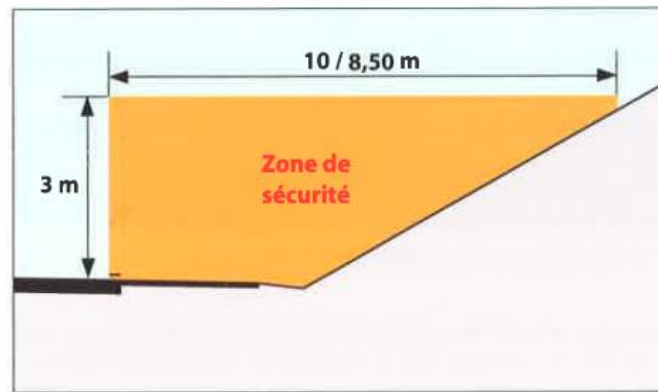


Figure III. 7 : Zone de sécurité en déblai.

Notion de devers

Le dévers est la pente transversale de la chaussée qui joue le double rôle de:

L'évacuation des eaux superficielle de la chaussée vers les dispositifs de drainage latéraux de la plate-forme.

La contribution à l'équilibre dynamique des véhicules dans les courbes de rayons faibles afin d'assurer la sécurité en circulation et le confort.

D'après les recommandations de l'ICTAAL2015, on a :

Divers en alignement et en courbe non déversée

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

Dévers en courbe déversée

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pour R_m

La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée

III.6.4. APPLICATION AU PROJET

La section courante de notre projet est caractérisée par un profil en travers à 2x2 voies.

D'après les normes de l'ICTAAL2015, Les dimensions des éléments constituant le profil en travers proposé pour le projet, et leurs pentes transversales sont résumées dans le tableau IV.4.

Tabelau III. 7 : caractéristiques géométriques de profil en travers

Description	Largeur (m)	nombre	largeurtotale(m)
➤ Voie de circulation 2x2	3.5	4	14
➤ Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
• Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	1
• Bandemédiane (B.M)	1	1	1
➤ Accotement	3.5	2	7
• Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5
• La berme	1	2	2
Totale(m)	24		
dévers en section droite			
➤ Chaussée	• 2,5 % versl'extérieur.		
➤ Bande dérasée de gauche (B.D.G)	• Identique à celle de la chaussée.		
➤ Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	• 2.5 %versl'extérieur.		
➤ Bermeextérieure	• 8% versl'extérieur		
dévers en courbe			
➤ Chaussée	• 7 % (maximum).		
➤ Bande dérasée de gauche (B.D.G)	• identique à celle de la chaussée.		
➤ Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	• identique à celle de la chaussée		

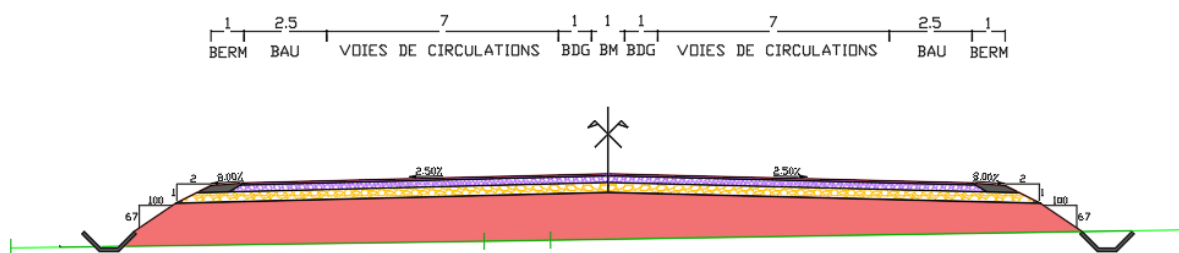


FIGURE III.7 : profile en travers type

CHAPITRE IV

CUBATURES

IV.1.INTRODUCTION

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin 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.

IV.2. METHODE DE CALCUL UTILISEE

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous utilisons la méthode de la moyenne des aires, qui est une méthode très simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

Description de la méthode :

On utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

$$v = \frac{h}{6} (S1 + S3 + Smoy)$$

Tel que :

- h : Hauteur entre deux profils.
- $Smoy$: Surface limitée à mi- distances des profils.
- $S1$: Surface de profil en travers P1.
- $S2$: Surface de profil en travers P2.

Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions : $\frac{S1+S2}{2}$ et $Smoy$.

$$\text{Donc : } Vi = \frac{Li}{2} (Si + Si+1)$$

Et le volume total de terrassement sera donc : $V = \sum Vi$

Exemple

Soit le profil en long de terrain naturel et la ligne de projet suivante :

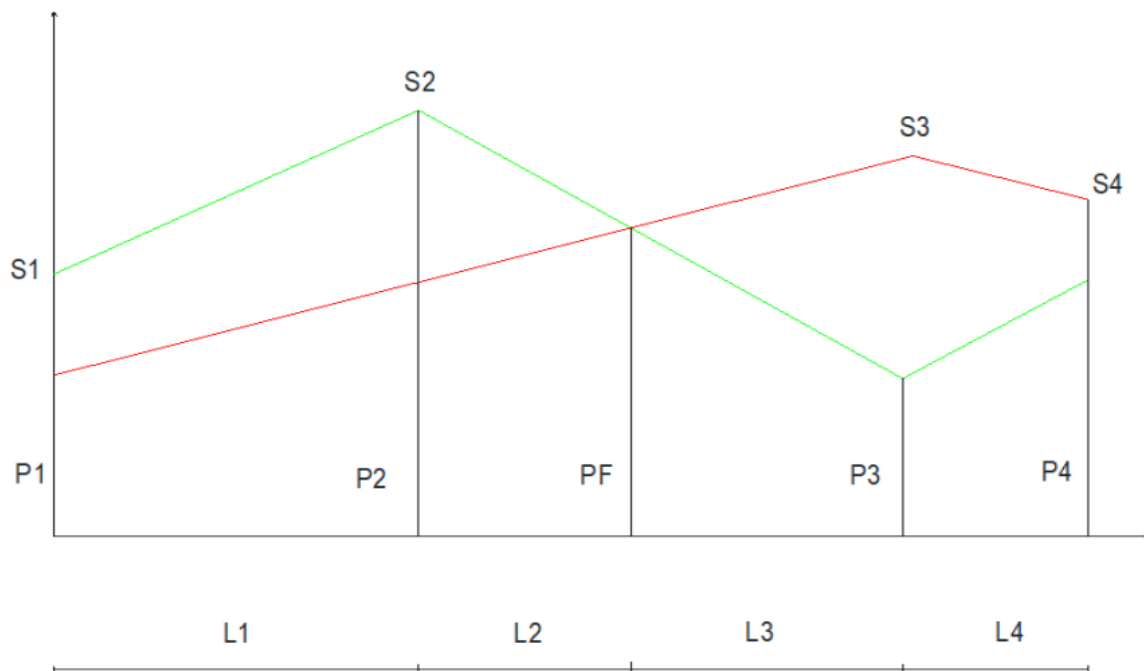


Figure IV. 1 : Schématisation des déblais et remblai sur le profil en long.

- Entre $P1$ et $P2$: $V1 = \frac{L1}{2} (S1 + S2)$
- Entre $P2$ et PF : $V2 = \frac{L2}{2} (S2 + S3)$
- Entre PF et $P3$: $V3 = \frac{L3}{2} (S3 + S4)$
- Entre $P3$ et $P4$: $V4 = \frac{L4}{2} (S3 + S4)$

Donc : $V = V1 + V2 + V3 + V4$

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel «COVADIS » qui nous donne :

- Volume total de déblai : 457027.6m³.
- Volume total de remblai : 496466.9 m³.

Ratio (déblai /remblai)

$$R = \frac{\text{volumedéblai}}{\text{volumeremblai}} \cdot 100 = \frac{457\,027.6}{496\,466.9} \cdot 100 = 92\%$$

CHAPITRE V
ETUDE
GEOTECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION

La géotechnique est un vaste domaine d'activités liées à l'étude des sols et des roches, ainsi que de leur comportement sous différentes contraintes. La mécanique des sols se concentre notamment sur l'analyse du comportement des sols en termes de résistance et de déformation. À travers les tests réalisés en laboratoire et sur le terrain, ces spécialités fournissent des données cruciales aux ingénieurs et aux constructeurs pour concevoir des infrastructures souterraines solides et stables, telles que les routes, en tenant compte des caractéristiques des sols sur lesquels elles reposent ou dans lesquels elles sont construites, comme les fouilles.

Les sols peuvent présenter une grande diversité de compositions, pouvant être rocheuses, sableuses, argileuses ou d'autres matériaux. Cette diversité affecte leurs propriétés mécaniques et leur comportement, ce qui nécessite une analyse spécifique adaptée à chaque type de sol rencontré dans un projet d'ingénierie.

V.2. APERÇU GEOLOGIE

D'après la carte géologique d'Algérie 1/500 000, la géologie du site est caractérisée par des formations des Quaternaire continental, Pliocène continental (poudingue, calcaire lacustres), et Facies marins normaux.

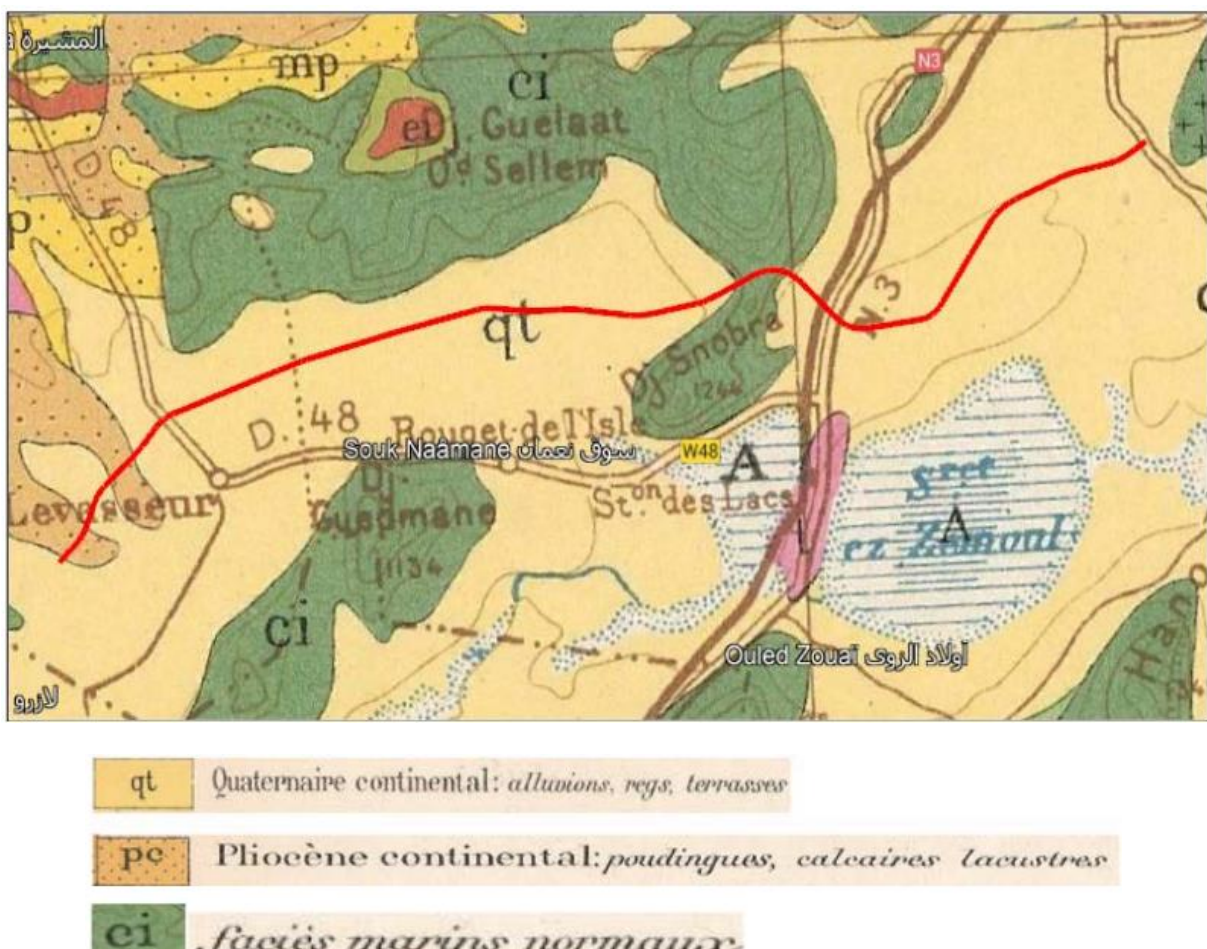


Figure V.1 Extrait de la carte géologique d'Algérie 1/500 000

Reconnaissance géotechniques in situ

Au cours de l'investigation géotechnique sur terrain, dix-sept (17) puits de reconnaissances ont été réalisés avec des prélèvements des échantillons remaniés pour analyse au laboratoire et seront soumis aux différents essais physico-mécaniques. Les puits de reconnaissance sont réalisés avec des profondeurs d'environ un mètre à un mètre demi, ils sont réalisés à l'aide d'une pelle mécanique, les sols prélevés seront soumis aux différents essais physico-mécaniques.



Figure V. 2 : L'implantation des puits sur image satellitaire

V.3.OBJECTIF DE CHAPITRE

Une étude géotechnique vise à reconnaître au droit d'un aménagement existant ou à construire

- Lanature et la répartition des terrains.
- Les caractéristiques et comportements des matériaux.
- Les caractéristiques hydrogéologiques site (présence d'eau souterraine, nature des écoulements, etc...).
- La classification des matériaux de sol suivant le Guide des Terrassements Routière.
- La possibilité de réutiliser les déblais en remblai.

Les moyens de reconnaissance

Les moyens d'une reconnaissance géotechnique sont :

- L'étude des archives et documents existants (carte géologique, levée topographique...).
- L'exécution d'essais in situ.
- Les essais au laboratoire.

Travaux d'investigation

L'étude géotechnique a été menée afin d'évaluer les propriétés des strates de sol dans la section d'étude.

Présentation des essais

Essais in-situ

Creusement des puits (prof 1 à 1.7 m)

L'opération de creusement de puits avait pour objet la reconnaissance géotechnique de sol support en vue de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques des couches rencontrées. Les puits sont exécutés à la pelle mécanique.

Description géologique des puits

L'interprétation des coupes lithologiques des différents puits de reconnaissance long du tracé montre que le terrain est hétérogène.

Essais en laboratoire

Tableau V. 1 : Essais en laboratoire

Essais	Description	Normes	Objectif
Essais Géotechniques	Analyse granulométrique	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique (par sédimentation)	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en

			eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051	Détermination de l'argilosité d'un Sol
	Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche	-	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Essai au bleu de méthylène	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
Essais de Compactage	Essai Proctor	NF P 94-093	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau
	Indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal

Résultats des essais

Résultats des essais in situ

Tableau V. 2 : Résultats essais in situ.

puits	Pk	Profondeur (m)	Description
K14	PK 30+680	0.00-1.70	Argilegraveleuse
K15	PK 33+280	0.00-1.70m	Argilelimoneuse
K16	PK 35+600	0.00-1.50m	Limon graveleux
K17	PK 38+200	0.00-1.00m	Limon graveleux

Résultats des essais au laboratoire

Les essais d'identification des sols :

Tableau V. 3 : Résultats des puits de reconnaissance.

Puits de reconnaissance										
Puits	Prof(m)	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg				Wn%	VBS
		Dmax	2mm %	80 μ %	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)	Ic (%)		
K14	0.00-1.70	< 50 mm	68.0	44.66	38	19	19	1.26	14.0	/
K15	0.00-1.70	< 50 mm	98.0	84.78	/	/	/	/	19.04	1.16
K16	0.00-1.50	< 50 mm	76.0	55.16	32	14	18	1.41	6.68	/
K17	0.00-1.00	> 50 mm	45.0	24.15	39	25	14	2.04	10.47	/

Tableau V. 4 : Résultats des essais mécaniques pour les puits de reconnaissance.

Puits de reconnaissance						
puits	prof	Proctor modifié		ICBR %	Cisaillement directe	
		γ_{dmax} (t/m ³)	Wopm %		ϕ_u	Cu
K14	0.00-1.70	1.77	15.1	15.96	-	-
K15	0.00-1.70	1.70	18.3	<10	-	-
K16	0.00-1.50	1.77	15.8	21.04	-	-
K17	0.00-1.00	1.66	16.4	>10	-	-

Interprétation

La granulométrie :

Le pourcentage des passants au tamis 0.2mm varient entre 40 et 100% , donc notre sol s'agit de sables fins, limon, et des argiles.

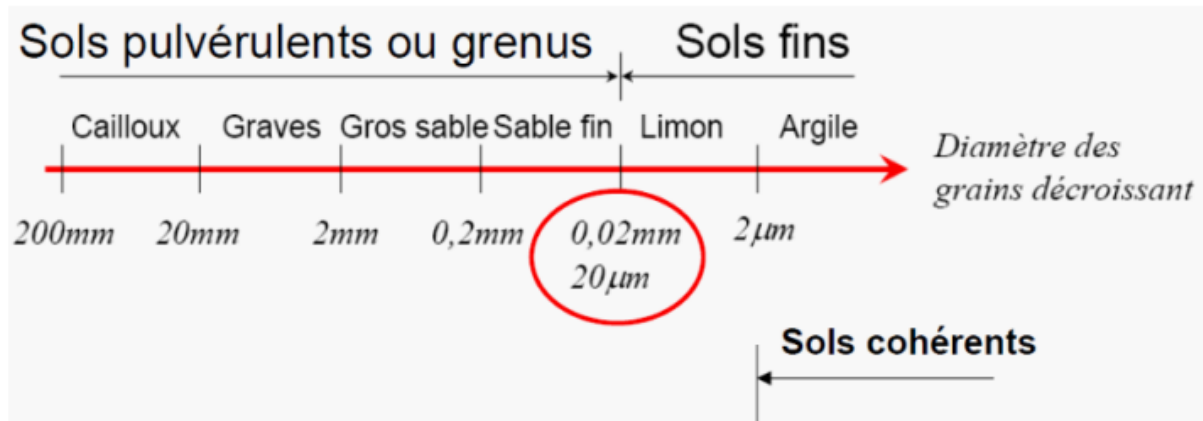


Figure V. 3 Diagramme de classification des sols selon le diamètre.

La plasticité :

Les valeurs de limites de liquidité des différents échantillons varient entre 30 et 40%, et l'indice de plasticité entre 15 et 25%. Ce qui caractérise des sols plastiques d'après la classification de Casagrande.

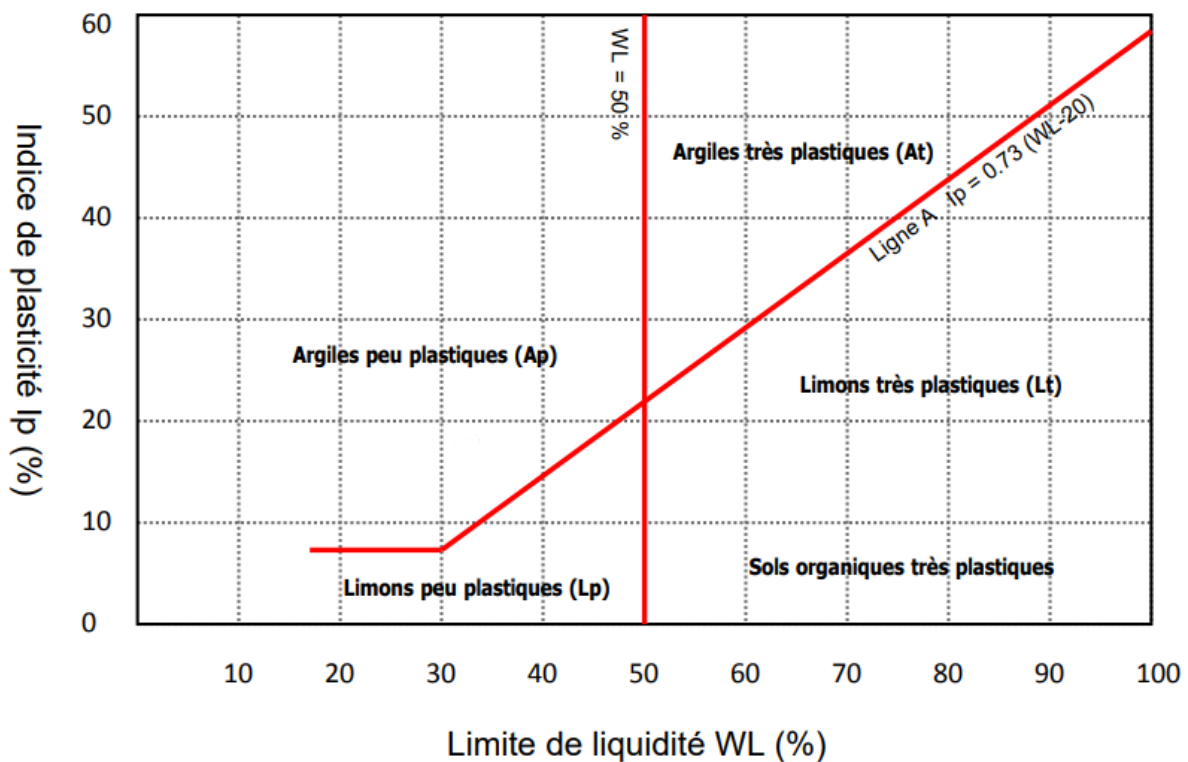


Figure V. 4 : Abaque de CASAGRANDE.

La densité :

Les valeurs de la masse volumique γ_d : $16 < \gamma_d < 18$ donc il s'agit des sols dense .

Tableau V. 5 : L'état d'un sol en fonction de la masse volumique.

Etat	La masse volumique (KN/m^3)
Peu dense	<16
Dense	16-18
Très dense	>18

V.4. CLASSIFICATION DES SOLS

Classification GTR Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux catégories :

Paramètre de nature

- La granulométrie

Paramètre d'état

- Etat très humide (th).
- Etat humide (h).
- Etat humide moyenne (m).
- Etat sec (s).
- Etat très sec (ts).

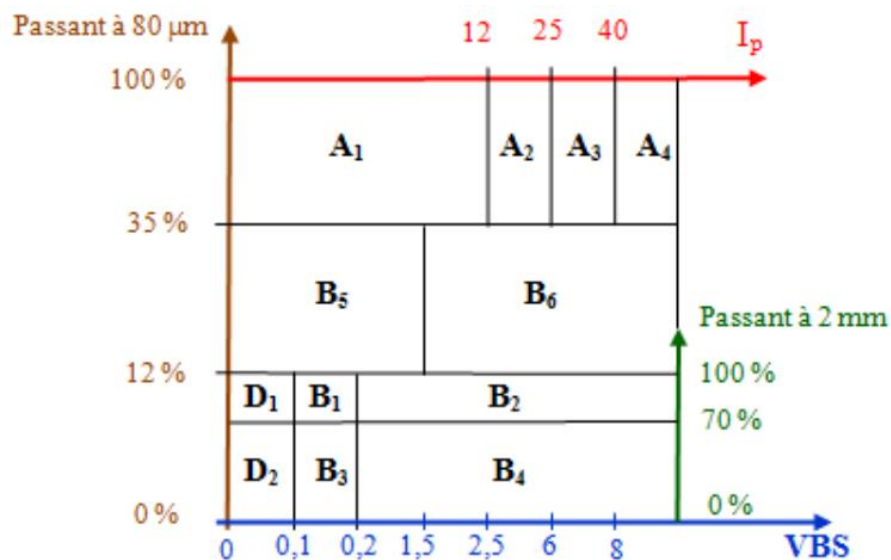


Figure V.5 : Abaque de la classification GTR

Exemple de classification

Pour le puits K14 nous avons :

Tableau V. 6 : Résultats des essais au laboratoire pour le puits k14.

puits	prof	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg				Wn	VB S	Proctor modifié	
		D _{max}	Tam 2mm	Tam 80µm	w _l %	W _p %	I _p %	I _c %			γ _{dmax} (t/m ³)	w _{opm} %
K14	1.7 m	>50 mm	68.0	44.66	38	19	19	-	14	-	1.77	15.1

Classement selon la nature :

1^{er} niveau : granularité :

$D_{max} < 50 \text{ mm}$



Sols fins ; Classe A

Tamisé à 80µm = 44.66% > 35%

2^{ème} niveau : Etat hydrique :

$12\% < I_p = 19\% \leq 25\%$

Ou

$2.5 < VBS \leq 6$



Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes ... Sous-classe : A2

Classement selon l'état hydrique

$1.2 < I_c = 1.26 < 1.4$ Etat hydrique sec « s »

Les résultats de la classification de tous les puits sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V. 7 : Classification GTR des matériaux.

Puits	Profondeur(m)	Classe GTR	Nature de sols
K14	00.00-01.70	A2s	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques.
K15	00.00-01.70	A1	Limons peu plastiques
K16	00.00-01.50	A2	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
K17	00.00-01.00	C1B6	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières

Essais CBR :

Les essais CBR ont été effectués par poinçonnement après quatre (4) jours d'imbibition, (traitement considéré comme étant le cas le plus défavorable).

- Les résultats de l'indice portant donnent des valeurs qui varient entre :
10 et 22 %
- La valeur de l'indice de portance CBR à retenir est : 10 %
On a : $10 < \text{CBR} < 25$, le sol est classé en S2 dont la portance est forte.

CHAPITRE VI
DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE
CHAUSSEE

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

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right))}{ICBR + 5}$$

- e : épaisseur équivalente
- ICBR: indice CBR (sol support)
- N : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Les différents épaisseurs sont déterminées par la formule suivante :

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

Avec :

- a_i : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.
- e_i : épaisseurs réelles des couches.

Tableau VI. 1 : Coefficient d'équivalence des matériaux

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2
Grave bitume	1.5
Grave non traité	1

Application au projet

Calcul de nombre de poids lourds

La répartition transversale du trafic est: Pour une Chaussée unidirectionnelles à 2 voies: 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

- TJMA2045= 25430V/J
- N= TJMA2045 × Z × 0.5 × 0.9
- N= 25430 × 0.22 × 0.5 × 0.9= 2518 PL/J/Sens

Calcul de l'épaisseur équivalente :

- $E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50 \log \left(\frac{2518}{10} \right))}{10 + 5} = 39.81 \text{ cm}$
- On prend Eeq= 40cm
- $E_{eq} = a_1 . e_1 + a_2 . e_2 + a_3 . e_3$

Pour le calcul des épaisseurs réelles e_1 , e_2 et e_3 on fixe les épaisseurs e_1 , e_2 : On calcule l'épaisseur e_3 :

- On prend $e_1 = 6\text{cm}$ en (BB) $\rightarrow a_2 = 2$
- Donc $E_{eq1} = 12\text{cm}$
- $e_2 = 10\text{cm}$ en (GB) $\rightarrow a_2 = 1.5$
- donc $E_{eq2} = 15\text{cm}$
- on détermine l'épaisseur e_3 de la couche (GNT) $\rightarrow a_3 = 1$
- $E_{eq3} = 40 - (12 + 15) = 13\text{cm}$

Tableau VI. 2 : Epaisseurs réelles et équivalente

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2
Grave bitume	1.5
Grave non traité	1

VI.2.2. METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES

Description de la méthode

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

Application au projet

Les données climatiques

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site

D'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) fascicule1», Le site de projet est classé en zone I (Oum el Bouaki), avec une intensité pluviométrique $>600\text{mm/an}$.

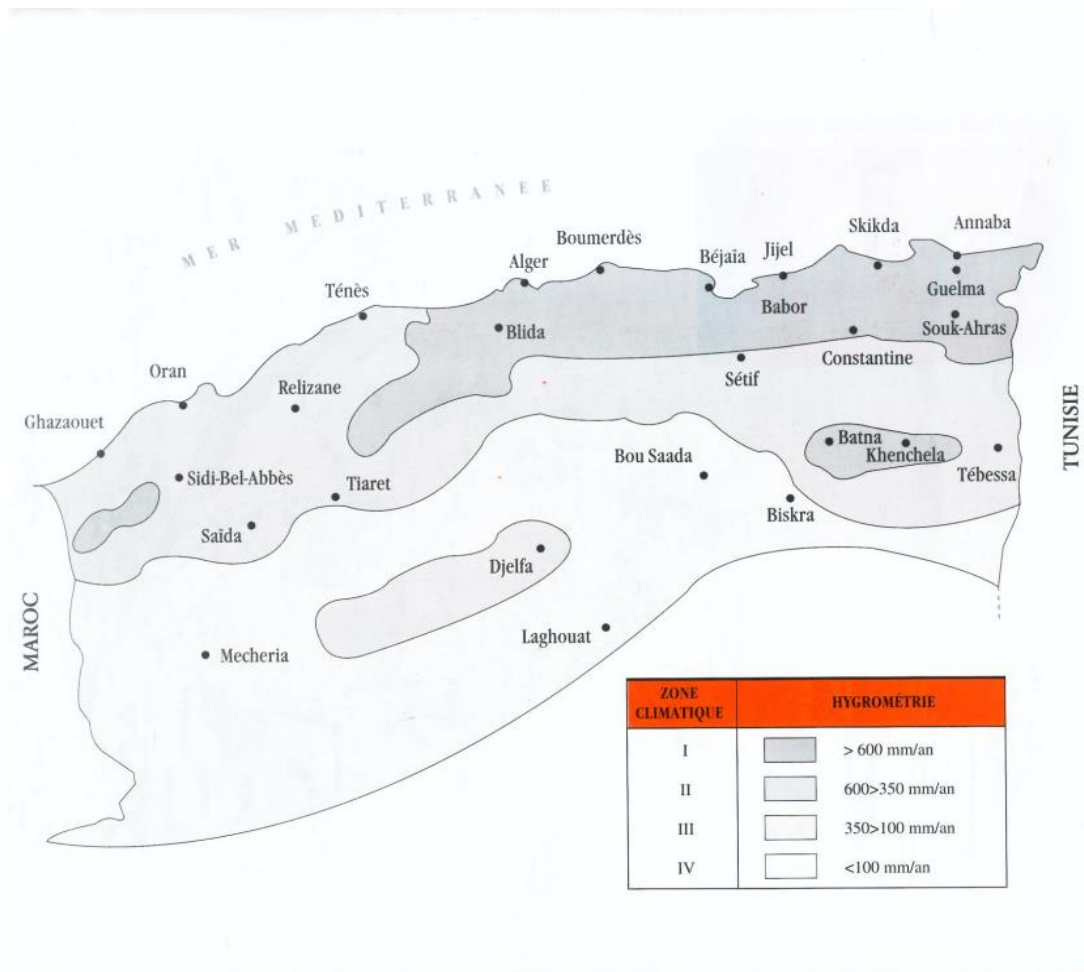


Figure VI. 2 : Carte climatique de l'Algérie

Donc nous avons une température équivalente de 20 °c comme montré dans le tableau VII.3

Tableau VI. 3 : Valeurs des températures équivalentes

	Zone climatique		
	I et II	III	IV
Température équivalente $\theta_{eq}(^{\circ}C)$	20	25	30

Les données de trafic

Type de réseau principal

D'après «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) fascicule1», on a la classification suivante :

Tableau VI. 4 : Types de réseau principal.

Réseau principale	Trafic (v/j)
RP1	>1500 v/j
RP2	<1500 v/j

Pour notre projet :

- L'année de mise en service est 2025
- TJMA2025 = 12780v/j > 1500v/j
- Donc le réseau principal est RP1.

Détermination de La Classe De Trafic TPLi

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

On a :

- Année de mise en service : 2025.
- Le pourcentage des poids lourds : Z =22%.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 4\%$
- La durée de vie : 20ans.
- TJMA2025 = 12780v/j

On a :

- $TPL_{2025} = \%PL \times TJMA = 0.22 \times (12780 \div 2) = 1406 PL/sens$
- $TPL_{2025} = 0.22 \times (12780 \div 2) = 1406 PL/sens'$

Pour une chaussée unidirectionnelle à 2 voies 90% du trafic PL sur la voie lente de droite
Donc :

- $TPL_{2025} = 0.9 \times 1406 = 1265 PL/sens$

$$TPL_{2025} = 1265 PL/sens$$

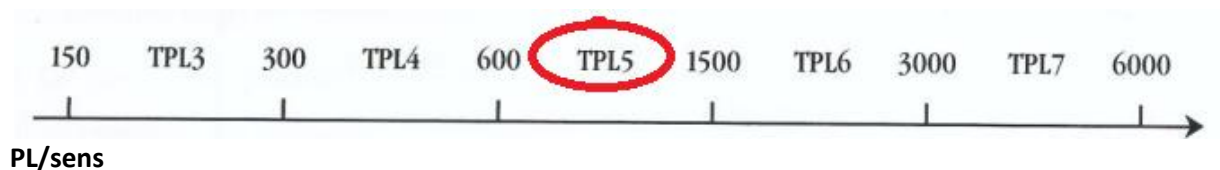


Figure VI. 3 : Classes TPLi pour RP1

Le Trafic cumulé des poids lourds (TCI)

Le TCI est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) est donnée par la formule suivante :

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

Tel que :

- i: Taux d'accroissement géométrique pris égale à 0.04.
- n : Durée de vie considérée.

$$TCi = 1265 \times 365 \times [(1 + 0.04)^{20} - 1] / 0.04 = 13.7 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

$$TCi = 13.7 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

Le Trafic cumulé équivalent TCEi

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée. il est donné par la formule suivante :

$$TCEi = TCI \times A$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.
En fonction de réseau principal.

Tableau VI. 5 : Valeur du coefficient d'agressivité A.

Niveau du réseau principal	Type de matériaux de structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, Bcg / GC	1

$$TCE_{2025} = 13.7 \times 10^6 \times 0.6 = 8.25 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

$$TCE_{2025} = 8.25 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

Présentation des classes de portance des sols

Le Tableau VII.6 regroupe les classes de portance de sols par ordre croissant de S0 à S4 en fonction d'indice CBR du sol. Cette classification sera également utilisée pour les sol-support de la chaussée.

Tableau VI. 6 : classes de portance de sols

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

Pour notre projet la valeur d'indice CBR varie entre 10 et 21.04 donc une classe de sol de portance S2.

Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$(MPA) = 5 \times \text{ICBR}$$

(MPA) varie entre 50MPa ET 105.2MPa avec une valeur moyenne de 77.6MPa

Tableau VI. 7 : Classe de portance sol-support

Classe de sol- support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

On a :

(MPa) =[50 ;105.2] sol de portance S2 (bonne portance)

Choix de la structure de la chaussée

On a :

- Réseau principal est RP1..... (1)
- Classe de trafic TPL5. (2)
- Portance des sols S2 (3)
- Zone climatique I. (4)
- Durée de vie 20ans. (5)
- Taux décroissement $\tau = 4\%$ (6)

D'après (1),(2),(3),(4),(5),(6) et le catalogue du dimensionnement des chaussées neuves, il est préconisé la structure (GB/GNT) : **6BB+20GB+30GNT**

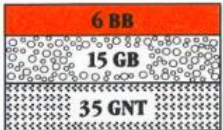
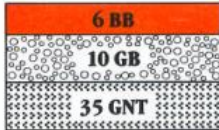
TPLi PL/j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
3000				
TPL6				
1500				
1500				
TPL5				
600				
600				
TPL4				
300				
300				
TPL3				
150				

Figure VI. 4 : Choix de dimensionnement avec le fascicule3

Calcul de la déformation admissible sur le sol support

La déformation vertical ϵ_z et ϵ_t calculée par le modèle alize III, devra être limitée à une valeur admissible $\epsilon_{z,adm}$ et $\epsilon_{t,adm}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

- $\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} (TCE_i)^{-0.235}$
- $\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) K_{ne} K_{\theta} K_r K_c$

Avec :

- K_{θ} : Facteur lié à la température.
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_r : Facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement

La vérification :

- $\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$
- $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$

Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,adm}$

- $\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$
- $\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (8.25 \times 10^6)^{-0.235} = 5.2 \times 10^{-4}$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.2 \times 10^{-4}$$

Calcul de la déformation admissible de traction $\epsilon_{t,adm}$

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

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b; K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ)}{E(\theta_{eq})}}; K_r = 10^{-tb\delta}$$

VI.3.PERFORMANCES MECANQUES DES MATERIAUX BITUMINEUX

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le Tableau VII.8

Tableau VI. 8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Matériaux	E (30°C, 10HZ) (MPA)	E (25°C, 10HZ) (MPA)	E (20°C, 10HZ) (MPA)	E (10°C, 10HZ) (MPA)	ϵ_6 (30°C, 10HZ) (10 ⁻⁶)	-1/b	S_n	S_h	ν	K_c
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

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

- θ_{eq} : Température équivalente ($\theta_{eq} = 20^\circ$) $\implies E(20^\circ, 10\text{HZ}) = 7000 \text{ MPA}$.
- Classe de trafic (TPL5).
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 ($r\% = 10$).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc ($t = -1.282$).
- $\delta = \sqrt{S_n^2 + \left(\frac{C}{b} S_h\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2} = 0.609$
- $kn_e = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b = \left(\frac{10^6}{8.25 \times 10^6}\right)^{-0.146} = 1.36$
- $Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.769$
- $k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ)}{E(\theta_{eq})}} = k_\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$
- $K_c = 1.3$
- $\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 1.36 \times 1.34 \times 0.769 \times 1.34 = 1.82 \times 10^{-4}$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.82 \times 10^{-4}$$

Verification en fatigue de la structure

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculé à l'aide de Alizé-LCPC soient inférieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$.

ϵ_t : Etant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : Etant la déformation verticale sur le sol support.

Résultats de la simulation

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	63,0	0,473	-0,9	0,658
	collé		0,060	31,2	0,360	53,3	0,601
0,200	7000,0	0,350	0,060	31,2	0,612	13,2	0,601
	collé		0,260	-102,4	-0,972	94,3	0,032
0,300	125,0	0,250	0,260	-102,4	-0,005	269,8	0,032
	collé		0,560	-114,5	-0,013	179,8	0,016
infini	50,0	0,350	0,560	-114,5	0,000	317,7	0,016

Figure VI. 5 : Résultats de la simulation à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC

Tableau VI. 9 : Tableau récapitulatif

	Déformationscalculées	Déformationsadmissibles
ε_z	3.18×10^{-4}	5.2×10^{-4}
ε_t	1.15×10^{-4}	1.82×10^{-4}

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

VI.4. CONCLUSION

L'application des deux méthodes de dimensionnement nous donne les résultats suivants :

- Method CBR : **12BB+15GB+13GNT**
- Catalogue Algérien : **6BB+20GB+30GNT**

Concernant le choix entre la méthode CBR et méthode catalogue Algérienne nous choisissons la structure donnée par la méthode catalogue Algérienne pour les considérations suivantes :

La méthode CBR a donné des épaisseurs inacceptables en vue de l'importance de la route, de plus elle ne prend pas en considération la fatigue des matériaux et l'influence du climat sur ces derniers.

Donc la structure retenue pour notre projet est :

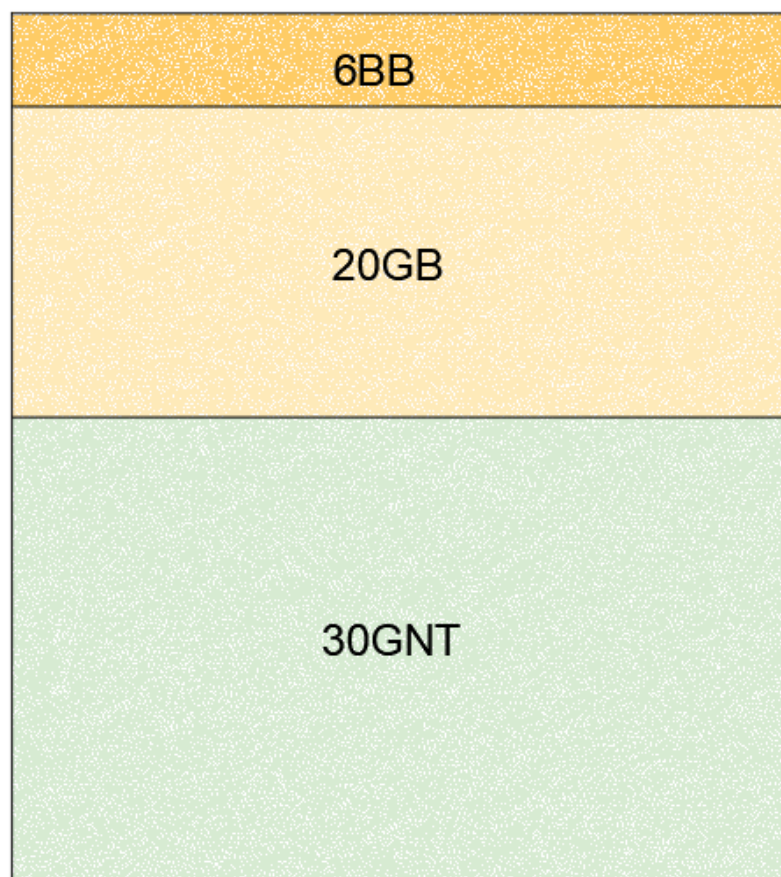


Figure VI. 6 : La structure de chaussée adoptée

CHAPITRE VII

ASSAINISSEMENT

VII.1. INTRODUCTION

Les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée. L'assainissement routier se divise en deux principaux volets;

- le premier concerne le drainage des eaux de la plateforme autoroutière ;
- le deuxième concerne le rétablissement des écoulements naturels des bassins versants interceptés par l'infrastructure autoroutière : Une bonne étude d'assainissement permet de prolonger la durée de vie de notre autoroute, et de réduire le coût d'entretien par la suite.

Pour cela cette partie est divisée en trois sections :

- Étude hydrologique.
- Étude hydraulique.
- Étude d'assainissement.

VII.2. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue pour chaque écoulement qui franchit notre tracé. Par ailleurs, l'établissement de ces crues permet de dimensionner l'ouverture des nombreux passages hydrauliques sous-autoroutiers, qu'ils s'agissent de ponts, ponceaux, buses ou dalots.

Cette étude est basée sur les données suivantes :

- Cartes d'état major à l'échelle de 1/25 000 pour la délimitation des bassins versants.
- Informations sur les données pluviométriques : courbe des isohyètes interannuelles, pluies maximales journalières et étude des intensités des averses régionales (intensité durée - fréquence); séries historiques des débits maxima annuels des oueds limitrophes de la région d'étude permettant d'estimer les crues régionales;
- relevés des niveaux des hautes eaux et des caractéristiques des ouvrages existants ainsi qu'une appréciation des conditions de formation des crues et du coefficient de ruissellement permettant d'effectuer l'analyse de recoupement avec des résultats d'études analytiques des crues

Délimitation des bassins versants

La carte topographique à l'échelle de 1/25000 est employée afin de délimiter les bassins versants, ainsi que leurs caractéristiques physiques en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes. Ces caractéristiques sont :

- S : la superficie du bassin versant est la portion du plan délimitée par la ligne de crête, ou contour du bassin (pour notre cas elles sont données).
- L : longueur du cours d'eau principal.
- H_{mm} (m): Altitude max.
- H_{min} (m): Altitude min: Altitude moyenne.
- P : indice de pente, tel que : $P = \left(\frac{H_{mac} - H_{max}}{L} \right)$

Les caractéristiques physiques des bassins versants traversé par notre tracé sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VII. 1 : Les caractéristiques physiques des bassins versants

Bv	s(km2)	L(km)	Hmax(m)	Hmin(m)	P%	Det H
1	2.24	3.11	839	822	0.55	17
2	0.77	1.3	847	828	1.46	19
3	1.4	1.6	847	829	1.125	18
4	0.23	0.38	873	867	1.58	6
5	0.36	0.16	876	857	11.875	19
6	0.38	0.65	864	856	1.23	8
7	0.53	1.09	865	855	0.92	10
8	0.28	0.73	865	855	1.37	10
9	0.24	0.32	879	865	4.375	14
10	0.48	0.52	890	857	6.35	33
11	2	3.36	872	820	1.55	52

L'estimation des débits de crue

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs. Pour le calcul on se propose d'appliquer les formules les plus utilisées en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant comme suit :

- La formule rationnelle pour les bassins versant inférieur à 10 Km²
- La formule CRUPEDIX pour les bassins versants supérieurs à 50 Km²
- La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 Km²

Pour notre projet nous remarquons que les surfaces des bassins versant sont < 10 Km², donc on va appliquer la méthode rationnelle

Formule Rationnelle

Le débit est donné par la formule :

$$Q_a = 0.278 C I A$$

Avec :

- Q_a : Débit de crue de période de retour voulue (en m³ /s)
- I : intensité de pluie (en mm).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : surface (Km²)

Période de retour

C'est la fréquence probable d'apparition de la crue de projet, cette notion est utilisée dans le calcul de débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de

franchissement (fossés, buses dalots, ouvrage d'art). L'estimation de cette période est conditionnée par le domaine d'application et l'importance de l'ouvrage à concevoir. On se propose de retenir les périodes de retour de conception suivantes :

- 100 ans pour la conception des ponts
- 50 ans pour la conception des dalots et buses
- 10 ans pour la conception des éléments de drainage de la plate-forme

Intensité de pluie

Elle est calculée par la formule

$$I(t, T) = a(T).tc^{-b}$$

Avec :

- b: Exposant climatique, $b=0.75$.
- a: Coefficient de Montana tirée à partir des graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence).

Ces valeurs sont données dans le tableau VIII.2.

Tableau VII. 2 : Coefficient de Montana

T(ans)	2	5	10	20	50	100
a	15.2	20.7	24.4	27.9	32.5	35.9

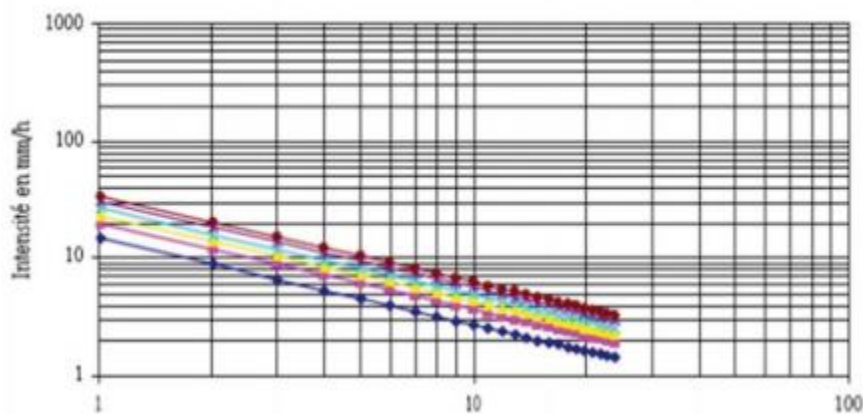


Figure VII. 1 : Courbe Intensité-Durée-Fréquence

t_c : Temps de concentration en heure donné par :

Formule de Ventura pour (B.V inférieur à 5 Km²) : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$

Formule de Passini (B.V entre 5 Km² et 25 Km²) : $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{p}}$

Formule de Giandotti (B.V supérieur a 25 Km²) : $tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$

Avec :

- S : Superficie du bassin versant (km²).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant.

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau VIII.3.

Tableau VII. 3 : résultats de calcule

BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
tc (h)	2.56	0.92	1.42	0.48	0.22	0.71	0.96	0.57	0.3	0.35	1.44
I(t, 10)	12.06	25.97	18.76	42.31	75.96	31.55	25.16	37.19	60.19	53.62	18.56
I(t, 50)	16.06	34.60	24.98	56.36	101.27	42.02	33.51	49.54	80.18	71.42	24.72
I(t, 100)	16.25	35.02	25.29	57.05	102.41	42.53	33.92	50.15	81.16	72.3	25.03

Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement « C », qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse.

Selon le guide d'assainissement routier du SETRA, le coefficient de ruissellement peut s'écrire :

$$Cr = 0.8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_j(T)} \right)$$

Avec :

- P₀ : La rétention initiale Po du BV
- P_j(T) : La pluie journalière en mm de la période de retour T.

Ces valeurs sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau VII. 4 : Valeurs de coefficients de ruissellement

T (ans)	10	50	100
Cr	0.4	0.5	0.54

Application au BV1

- La surface du bassin est de 2.24KM²
- Coefficient de ruissellement est de 0.4

Calcul du temps de concentration

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{s}{p}} = 0.127 \sqrt{\frac{2.24}{0.0055}}$$

$$t_c = 2.56 \text{ (h)}$$

Calcul de l'intensité I(t)

$$I(t, 10) = a(10).t_c^{-b} = 24.4 \times 2.56^{-0.75}$$

$$I(t, 10) = 12.06 \text{ (mm/h)}$$

Calcul de débit Q10

$$Q_{10}(\text{m}^3/\text{s}) = 0.278 C I A = 0.278 \times 0.4 \times 12.06 \times 2.24$$

$$Q_{10}(\text{m}^3/\text{s}) = 3 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Présentation des résultats

Les tableaux VIII.5 récapitulent pour les bassins versants de la zone d'étude les valeurs de débits max des périodes de retour retenues, à savoir 100, 50 et 10 ans :

Tableau VII. 5 : Valeurs des débits de crue.

BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q10	3.000	2.222	2.924	1.089	3.045	1.337	1.481	1.157	1.606	2.862	4.128
Q50	5.000	3.703	4.861	1.802	5.068	2.219	2.469	1.928	2.675	4.765	2.872
Q100	5.464	4.048	5.315	1.970	5.535	2.235	2.699	2.108	2.924	5.210	7.715

Interprétation des résultats

On remarque des débits faibles ($< 20 \text{ m}^3/\text{s}$) donc on adopte soit des dalots ou des buses,

VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE

Cette partie consiste à dimensionner les ouvrages de franchissement de cours d'eau (dalots et buses), sur la base des résultats trouvées dans l'étude hydrologique, tel que :

- Les buses ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible.
- Pour le volume important on construit alors des dalots.

VII.3.1 DIMENSIONNEMENT DES BUSES

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport Q_a trouvé dans la partie étude hydrologique, et le débit de saturation de cette buse, donné par la formule de Manning Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{3}{2}}$$

Avec :

- S_m : Section mouillée
- R_h : Rayon hydraulique
- j : La pente de pose de la buse
- K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 80 (pour les buses préfabriquées en béton).

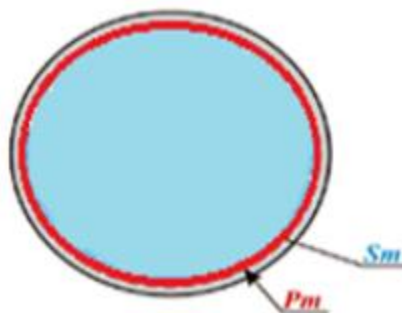


Figure VII. 2 : Buse.

On remplace :
$$\begin{cases} S_m = \pi \cdot R^2 \\ R_h = \frac{R}{2} \end{cases}$$

Et on applique l'égalité : $Q_{50} = Q_s$

On trouve :
$$R = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Condition d'auto curage :

Une fois on a déterminé R on doit vérifier les conditions d'auto curage suivantes :

- $V > 1 \text{ m/s}$ pour $Q=Q_p$.
- $V > 0.6 \text{ m/s}$ pour $Q=0.1$.
- $V > 0.3 \text{ m/s}$ pour $Q=0.01 Q_{ps}$.

Avec :

- Q_{ps} : Débit pleine section.

Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de R (de préférence on choisit un diamètre commercialisé selon la disponibilité dans le marché).

VII.3.2 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS

De la même façon comme les buses, on utilise la formule de Manning Strickler, tel que la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

- $H_r = 0.8H$
- $Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{2}{3}}$

Avec :

- K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 70 pour les dalots.
- La surface mouillée : $S_m = 0.8H \times B$
- Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6H + B$
- Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$

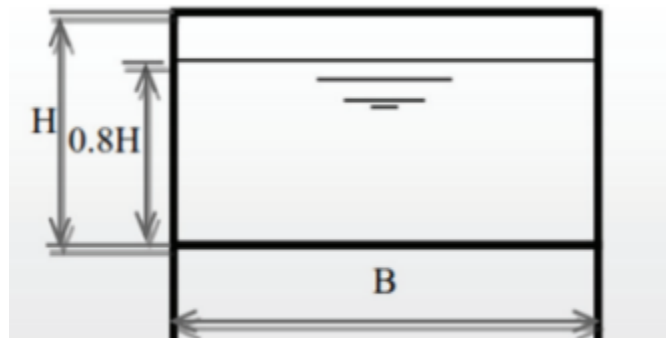


Figure VII. 3 : Dalot

On a :

- $Q_a = Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{2}{3}}$

Alors :

- $H = \frac{1}{0.8B} \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} (1.6H + B)^{\frac{2}{5}}$

On fixe la valeur de B et on tire la hauteur H par itération.

Application au projet**Exemple de dimensionnement****Détermination de la dimension du Buse de BV8**

Pour BV 08 on a:

- $A=0.28 \text{ km}^2$.
- $t_c = 0.57 \text{ heure}$.
- $I50=49.54\text{mm/h}$.
- $Q50=1.928\text{m}^3/\text{s}$.

Pour le dimensionnement des buses on prend :

- $QS = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{2}{3}}$

Tel que :

- I : La pente de pose de l'ouvrage hydraulique=1.03%.
- K_{st} : Coefficient de STRICKLER=80.

Donc :

$$R = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{1.928}{80 \times 0.0103^{\frac{1}{2}} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \times \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = 454.03 \text{ mm}$$

On aura : $R=0.454 \text{ m}$. Ce qui donne un diamètre théorique $D=0.908\text{m}$. À partir du diamètre théorique, on choisit un diamètre commercial disponible sur le marché.

Donc on prend $\phi=1000\text{m}$.

Vérification des conditions de dimensionnement hydraulique pour les buses**Calcul de débit a pleine section**

- $Q_{ps} = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} = \pi \times 0.6^2 \times 80 \times 0.6^{\frac{2}{3}} \times 0.0103^{\frac{1}{2}} = 4.05 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{ps} = 4.05 \text{ m}^3/\text{s}$

Calcul de vitesse a pleine section Vps

- $V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{4.05}{1.767} = 2.29 \text{ m/s}$
- $V_{ps} = 2.29 \text{ m/s}$

Calcul de la vitesse de l'écoulement

- $\frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{1.928}{4.05} = 0.476$

D'après le tableau on a

- $\frac{V}{V_{ps}} = 0.987$

Donc :

- $V = 2.29 \times 0.987 = 2.26 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$ (verifie)

Condition d'autocurage

- $Q = 0.1 Q_{ps} \rightarrow V > 0.6 \text{ m/s}$
- $Q = 0.01 Q_{ps} \rightarrow V > 0.3 \text{ m/s}$
- $\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1$

D'après le tableau (annexe) on a :

- $\frac{V}{V_{ps}} = 0.638$ donc $V = V_{ps} \times 0.638$
- $V = 2.26 \times 0.638 = 1.44 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$ (verifie)
- $\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01$

D'après le tableau (annexe) on a :

- $\frac{V}{V_{ps}} = 0.315$ donc $V = V_{ps} \times 0.315$
- $V = 2.26 \times 0.315 = 0.71 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$ (verifie)

Tableau VII. 6 : Diamètres des ouvrages busés

bv	$Q_a = Q_{50}$	I %	Nb D'O.C	Diametre calcule en mm	Diametre standard en mm
1	5.000	0.55	2	1298.1	1500
2	3.703	1.46	1	1159.86	1500
3	4.861	1.125	2	1284.44	1500
4	1.802	1.58	1	885.34	1200
5	5.068	11.875	2	1304.7	1500
6	2.219	1.23	1	957.2	1200
7	2.469	0.92	1	996.3	1200
8	1.928	1.37	1	908.06	1200
9	2.675	4.375	1	1026.7	1200
10	4.765	6.35	2	1274.88	1500

Détermination de la dimension du Dalot de BV11

Pour BV 11 on a:

- $A=2 \text{ km}^2$;
- $t_c = 1.44 \text{ heure}$,
- $I_{50}=24.72 \text{ mm/h}$,
- $Q_{50}=6.872 \text{ m}^3/\text{s}$

Il existe plusieurs formes pour le dimensionnement des dalots. Les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire.

- La surface mouillée : $S_m = 0.8H \times B$
- Le périmètre mouillée : $P_m = 1.6H + B$
- Le rayon hydraulique : $\frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$
- $Q_s = Q_a \quad h = \left(\frac{1}{0.8 \times b} \right) \times \left(\frac{Q_a}{K_{st} + \sqrt{I}} \right)^{3/5} \times ((1.6 \times h + b)^{2/5})$

Avec : $I=1\%$

On prend $b= 2\text{m}$ et on tire la hauteur h par itération qui vérifie cette inégalité. On trouve :

$h=0.943 \text{ m}$

alors on prend un dalot de 2m de hauteur et 1.5m de largeur (2×1.5).

Vérification des conditions de dimensionnement hydraulique pour les dalots :**Calcul de la vitesse d'écoulement :**

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{6.872}{2 \times 2} = 1.718 \text{ (m/s)} < 4 \text{ m/s (verifie)}$$

calcul de la hauteur d'eau critique

Pour un écoulement critique :

$$\frac{bQ^2}{gSh_c^3} = 1h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.872^2}{9.81 \times 2^2}} = 1.064 \text{ m} < 2\text{m (verifie)}$$

vérification du régime d'écoulement

$$\text{Nombre de Froude} = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{1.718}{\sqrt{9.81 \times 2}} = 0.4 \text{ (regime fluvial)}$$

Résultats des vérifications**Tableau VII. 7 : Résultats des vérifications pour les ouvrages busés**

bv	Ouvrage hydraulique	La vitesse de l'écoulement m/s	Condition d'autocurage		Verification
			V=0.638Vps (m/s)	V=0.315Vps (m/s)	
1	Buse	3.744	2.389	1.179	Oui
2	Buse	3.585	2.287	1.129	Oui
3	Buse	3.657	2.333	1.152	Oui
4	Buse	3.474	2.216	1.094	Oui
5	Buse	3.698	2.359	1.164	Oui
6	Buse	3.663	2.337	1.153	Oui
7	Buse	3.749	2.391	1.181	Oui
8	Buse	3.534	2.254	1.113	Oui
9	Buse	3.820	2.437	1.203	Oui
10	Buse	3.623	2.311	1.141	Oui

Tableau VII. 8 : Dimensions des dalots pour le projet

BV	$Q_a = Q_{50} m^3/s$	I %	Dimensions Dalots (m× n)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Condition V<4m/s	Hauteur d'eau critique hc (m)	Condition h>hc
11	6.872	24.72	2× 1.5	1.718	vérifier	1.064	vérifier

VII.4.ETUDE D'ASSAINISSEMENT

Les ouvrages d'assainissement ont pour objet d'assurer la collecte, le transport et le traitement éventuel des eaux usées et pluviales ainsi que leur rejet dans les réseaux urbains.

Le réseau d'assainissement peut être divisé en plusieurs parties, notamment :

- Les ouvrages d'assainissement transversaux : constitue le réseau de localisation et de dimensionnement des ouvrages (dalots et des buses) calculés dans la partie étude hydraulique.
- Le réseau d'assainissement longitudinal : composé principalement par des fossés implantés aux limites de l'emprise de la rocade, que ce soit dans les talus de déblai ou de remblai
- Les ouvrages de raccordement : dispositifs de drainage ponctuels assurant le raccordement des eaux entre les réseaux du drainage longitudinal et les ouvrages transversaux.

Dans cette partie on va s'intéresser principalement au dimensionnement des fossés.

VII.4.1.DIMENSIONNEMENT DE FOSSE

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, pour notre cas on le terrain est pratiquement plat donc les fossés droits et gauches sont de même dimensionnement.

Tableau VII. 9 : Les caractéristiques des sous bassins versants concernés.

SBV	Largeur	Surface (km ²)	Pente (%)
Chaussée +BAU+BDG	11.5	1.8375×10^{-3}	2.5
Berme	1	6.125×10^{-4}	8
Talus de déblai	20	7.487×10^{-4}	67.66

Détermination du temps de concentration

On a $A < 5 \text{ km}^2$ donc on applique la formule de Ventura

Chaussée +BAU+BDG

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{1.8375 \times 10^{-3}}{0.025}} = 0.034 \text{ h}$$

Berme

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{6.125 \times 10^{-4}}{0.08}} = 0.011 \text{ h}$$

Talus de déblai

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{7.487 \times 10^{-4}}{0.6766}} = 0.004 \text{ h}$$

Détermination de l'intensité

Pour $T=10$ on a $a=27.1$

Chaussée +BAU+BDG :

$$I(t, T) = a(T) \cdot t^{-0.75} = 27.1 \times 0.034^{-0.75}$$

$$I(t, T) = 342.263 \text{ (mm/h)}$$

Berme

$$I(t, T) = a(T) \cdot t^{-0.75} = 27.1 \times 0.011^{-0.75}$$

$$I(t, T) = 797.856 \text{ (mm/h)}$$

Talus de déblai :

$$I(t, T) = a(T) \cdot t^{-0.75} = 27.1 \times 0.004^{-0.75}$$

$$I(t, T) = 1703.82 \text{ (mm/h)}$$

Coefficient de ruissellement

Les valeurs du coefficient du ruissellement sont données dans le tableau **VIII. 10**

Tableau VII. 11 : Les coefficients de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée Revêtement en enrobés	0.8 à 0.95	0.95
Berge : sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30

Calcul de débit d'apport

$$Q_a = Q_C + Q_B + Q_T$$

- **Débit d'apport de la chaussée :**

$$Q_C = K \times C_C \times I_{10} \times A_C = 0.278 \times 0.95 \times 342.263 \times 1.8375 \times 10^{-3} = 0.166$$

$$Q_C = 0.166 (m^3/s)$$

- **Débit d'apport de la berme**

$$Q_C = K \times C_C \times I_{10} \times A_C = 0.278 \times 0.4 \times 797.856 \times 6.125 \times 10^{-4} = 0.054$$

$$Q_C = 0.045 (m^3/s)$$

- **Débit d'apport du talus :**

$$Q_C = K \times C_C \times I_{10} \times A_C = 0.278 \times 0.3 \times 1703.82 \times 7.487 \times 10^{-4} = 0.106$$

$$Q_C = 0.106 (m^3/s)$$

Donc :

$$Q_a = 0.166 + 0.054 + 0.106 = 0.326$$

$$Q_a = 0.326 (m^3/s)$$

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau **VIII. 12**

Tableau VII. 13 : Le débit équivalent des bassins versants

SBV	A (km ²)	C	I(%)	tc (heure)	I10 (mm/h)	Q10 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)
Chaussée Revêtement en enrobés	1.8375×10^{-3}	0.95	2.5	0.034	342.263	0.166	0.326
Berge : sol légèrement perméable	6.125×10^{-4}	0.40	8	0.011	797.856	0.054	
Talus	7.487×10^{-4}	0.30	67.66	0.004	1703.82	0.106	

Débit de dimensionnement Qs

On applique la formule de MANING STRIKLER :

$$Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot R_h^{\frac{2}{3}}$$

Avec :

S_m : Surface mouillée $S_m = (b + mh) \cdot h$

P_m : Périmètre mouillé $P_m = b + 2h$

$$h = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}} \cdot b} \right)^{\frac{3}{5}} \times \frac{\left(1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b} \right)^{2/5}}{\left(1 + \frac{h}{b} \right)}$$

Avec : $I = 1\%$

On prend $b = 0.5$ m et on tire la hauteur h par itération qui vérifie cette inégalité

On aura : $h = 0.271$ m

Pour des raisons de sécurité on prend un fossé de :

$b = 50$ cm, $h = 50$ cm, $B = 150$ cm.

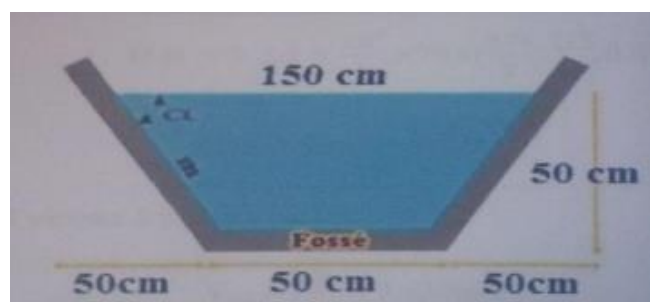


Figure VII. 4 : La géométrie du fossé

CHAPITRE VIII

CONCEPTION

D'ECHANGEUR

VIII.1. INTRODUCTION

Un échangeur est un croisement étagé entre deux routes, avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent, l'utilisation d'un échangeur comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée ; cependant certaines situations semblent l'exiger :

Croisement de deux routes a grands débits de trafic.

- Carrefour dont le taux d'accident graves est disproportionné et pour lequel on ne trouve aucune solution.
- Carrefour dont la capacité insuffisante congestionne une ou toutes les approches.
- Carrefour où la topographie empêche un aménagement conforme aux normes de tout autre type de carrefour.
- L'implantation d'un échangeur doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange, il est déconseillé dans une courbe ou à proximité d'un point haut.
- Le schéma d'un échangeur est lié à l'intensité des trafics d'échange entre les deux voies et à la configuration du site (topographie, occupation du sol ; etc.).

Le rôle d'un échangeur

Le rôle de l'échangeur est de garantir la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir simultanément plusieurs directions en distribuant les flux dans les différentes directions en fonction de leur importance, tout en évitant les points de conflit qui peuvent causer des accidents graves, ainsi que les points d'arrêt qui entraînent des pertes de temps.

Les types d'échangeur

Le type d'échangeur à adopter est fonction de :

- La catégorie et les classes des routes en croisement
- L'implantation des différents courants tournants avec leurs volumes (débits) respectifs.

Les contraintes topographiques et environnementales Les principaux types d'échangeurs sont

Echangeur majeur

Il raccorde deux routes ou autoroutes de niveau de service élevé (trèfle complet, bifurcation « Y »).

Echangeur mineur

Il s'agit d'un raccordement autoroute- route ordinaire (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

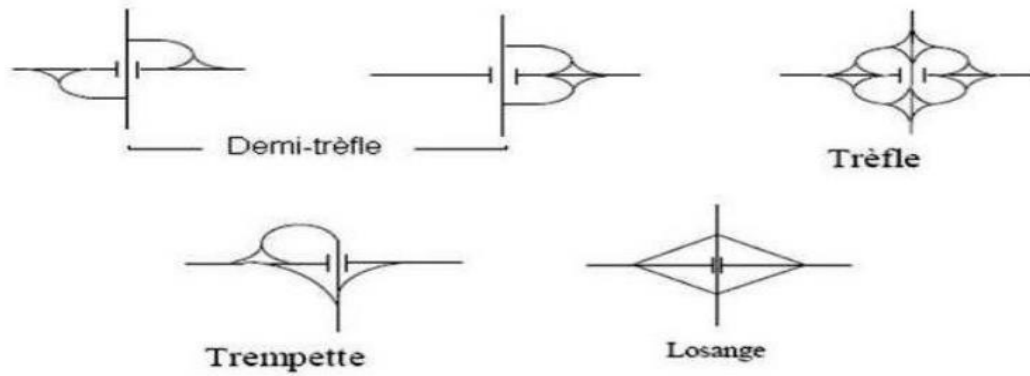


Figure VIII. 1 : schémas des types d'échangeurs

VIII.2. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR

Pour notre projet l'échangeur va relier la pénétrante autoroutière (2×3 voies) avec la route express (2×2 voies). Donc l'échangeur sera du type diffuseur.

Donc l'échangeur le plus adéquate est de type trempette.

- La vitesse sur l'autoroute est de 130km/h.
- La vitesse sur la route expresse est de 130km/h.
- La vitesse sur l'échangeur est 40 à 60 Km/h. On va prendre la vitesse sur les bretelles VB=40 Km/h

VIII.3.CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à 1 voie (d'après l'ICTAAL 2015).

Trace en plan des bretelles

Valeurs limites des rayons :

Tableau VIII. 1 : valeurs limites des rayons

	Rayon minimal au divers normal Rdn	Rayon minimal divers (7%)
Branche à deux voies circulaire 110 km/h	650 m	400 m
Branche à une voie ou deux voies circulaire 90 km/h	370m	240 m
Branche à une voie voies circulaire 70 km/h	300 m	125 m
Branche à une voie voies circulaire 70 km/h ou moins	300 m	40 m

Enchaînement des éléments du tracé en plan

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R_1 \leq 2R_2$, où R_1 et R_2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe Rencontré dans le sens de circulation $R_1 > 1.5R_2$ et si $R_1 > R_2$.
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à $3s$ à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

Raccordement progressif

Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R\Delta\delta$ et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'utilisateur.

Profil en long des bretelles

Le tableau IX.2 représente les valeurs limites des paramètres du profil en long.

Tableau VIII. 2 : valeurs limites (profil en long)

	Déclivitémaximale	Rayon minimal en angle saillant	Rayon minimal en angle rentrant
Branche à une voie voies circulaire 70 km/h ou moins	6%	1500 m	800 m

Profil en travers des bretelles

Largeur des éléments du profil en travers

Pour les diffuseurs, les bretelles unidirectionnelles sont constituées de : (COMPLEMENTS à l'ICTAAL, 2015) [3]

- Une voie de 3,5m (Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de $50/R$ par voie est à introduire).
- Une bande dérasée de gauche BDG de 0,5m.
- Une bande dérasée de droite BDD de 1m (Lorsque l'enjeu le justifie, fort trafic PL par exemple, l'accotement peut être aménagé pour offrir une largeur roulable de 6 m : on prend BDD revêtue de 2 m).

Pente transversale

Des bretelles Le profil en travers d'une chaussée bidirectionnelle sont constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle est constitué d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente que la chaussée adjacente.

En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2,5 % orientée vers la droite.

Dans les courbes déversées, la pente transversale est orientée vers l'intérieur de la courbe. Sa valeur se calcule linéairement selon 1/R entre 2,5 % pour le rayon 300 et 7 % pour le rayon 100.

VIII.4. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'accélération, et en sortie par une voie de décélération.

La zone de décélération

Le dispositif de sortie comporte successivement.

La section de manœuvre est un biseau situé à proximité de l'autoroute, mesurant 150 mètres de long. Jusqu'à ce que le musoir de divergence atteigne 1 m de large.

La zone de décélération doit permettre à l'usager de passer à la vitesse associée au rayon de la dernière courbe parcourue à une vitesse conventionnelle de 70km/h au niveau du point S.1,00m selon une accélération de 1.5m/s².

Elle est constituée des éléments compris entre la fin de la partie circulaire de la dernière courbe et le point S.1,00m.

Sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$Ld = \frac{(VR^2 - V0^2)}{3(1 - 10p)}$$

Avec :

- P : la déclivité en valeur algébrique.
- V0 (en m/s) la vitesse conventionnelle au point E.1,00m.
- VR (en m/s) la vitesse initiale d'épandage du rayon de la courbe en amont.

Pour notre projet :

Tableau VIII. 3 : La zone de décélération

RAYON (m)	VR(m/s)	V0(m/s)	P(%)
100	17.78	19.44	0.5

Donc :

$$Ld = \frac{(19.44^2 - 17.78^2)}{3(1 - 0.05)} = 21.67 \text{ m}$$

On prend $Ld = 22\text{m}$.

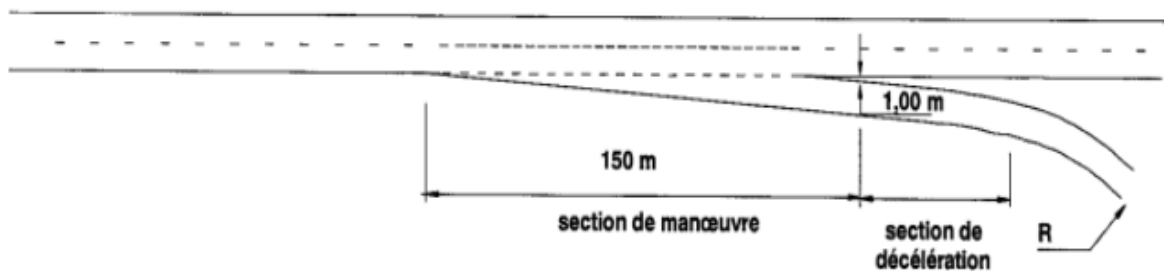


Figure VIII. 2 : Dispositif de sortie de l'autoroute

La zone d'accélération

Le dispositif de sortie comporte successivement.

Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m.

Un biseau long de 75 m.

La zone de décélération doit permettre à l'utilisateur de passer à la vitesse associée au rayon de la dernière courbe parcourue à une vitesse conventionnelle de 55km/h au niveau du point E.1,00m selon une accélération de 1m/s^2 .

Elle est constituée des éléments compris entre la fin de la partie circulaire de la dernière courbe et le point E.1,00m sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$Ld = \frac{(VR^2 - V0^2)}{2(1 - 10p)}$$

Avec :

- P : la déclivité en valeur algébrique.
- $V0$ (en m/s) la vitesse conventionnelle au point E.1,00m.
- VR (en m/s) la vitesse initiale dépendant du rayon de la courbe en amont.

Pour notre projet :

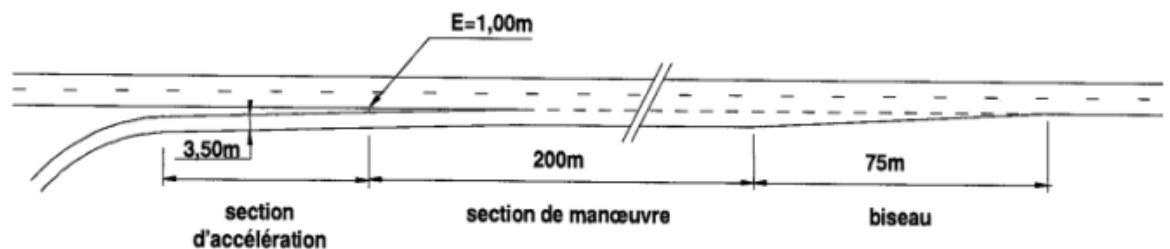
Tableau VIII. 4 : La zone d'accélération

RAYON (m)	VR(m/s)	V0(m/s)	P(%)
100	17.78	15.27	0.5

Donc :

$$Ld = \frac{(17.78^2 - 15.27^2)}{2(1 - 0.05)} = 43.66 \text{ m}$$

On prend $Ld = 44\text{m}$.

**Figure IX. 3 : Dispositif d'entrée de l'autoroute**

Visibilité

Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

Distance d'arrêt (da) = distance de freinage + distance de perception/réaction.

$$da = 2V + V^2 / 2g (\gamma(v) + p)$$

Avec :

- V en m/s
- $\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g .
- p : la déclivité, en valeur algébrique
- Pour les rayons $R < 5V$, (V en Km/h et R rayon de courbe en m) : la distance de farinage est majeure de 25%.

Visibilité sur une sortie d'autoroute

Distance de manœuvre de sortie dms : Qui permet de définir également les changements de files en section courante : $dms = 6V$ (V en m/s).

Distance De Visibilité Sur Marquage : une distance de visibilité dvm est nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc de circulation : $dvm = 3v$ (v en m/s)

Distance de lecture Lc : définissant la distance minimale permettant à l'utilisateur de lire les informations sur les panneaux de signalisation : $Lc = 5v$ (v en m/s).

Caractéristiques des bretelles

Tableau VIII. 5 : Caractéristiques des bretelles.

brettèle	Rayon (m)	L entre(m)
1(entree)	100	180
2(sortie)	100	180
3(sortie)	100	424
4(entree)	100	93

VIII.5. CONCEPTION EN PLAN D'ECHANGEUR

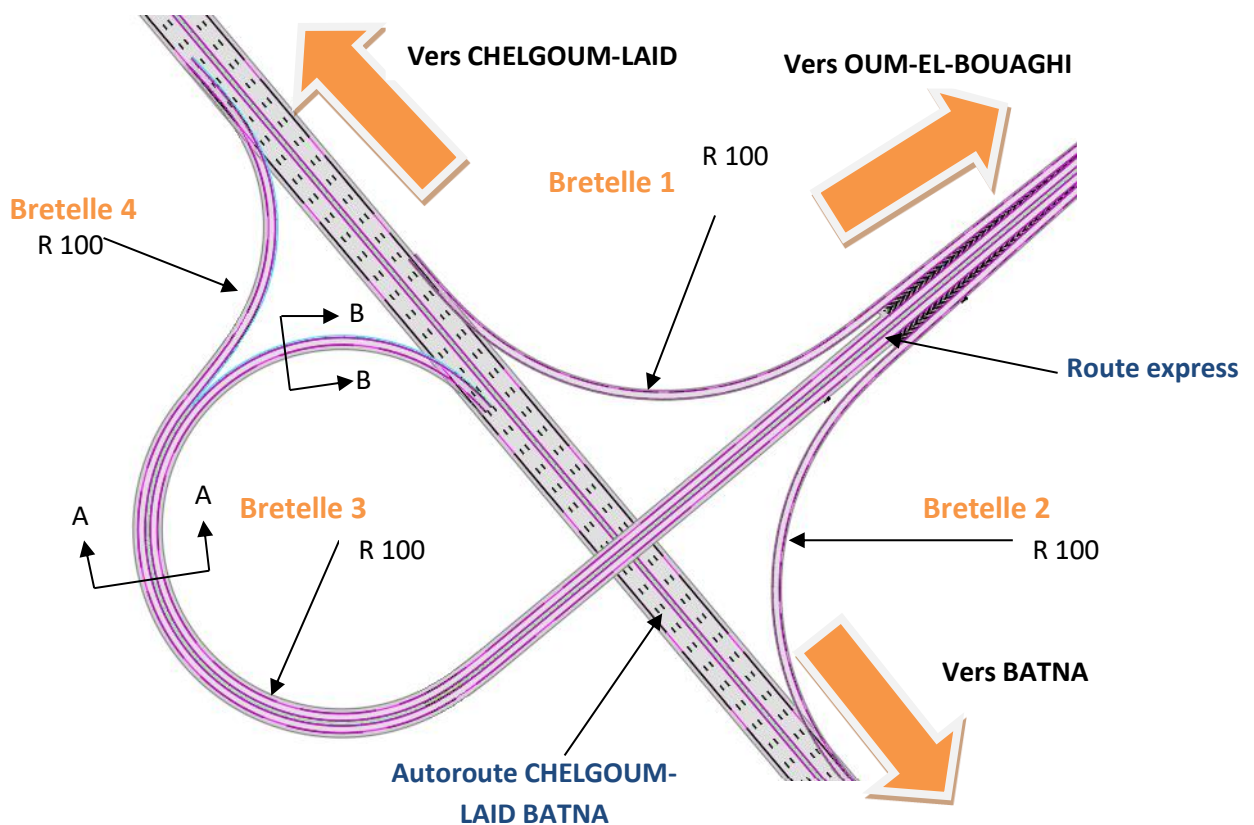


Figure VIII. 4 : conception en plan d'échangeur.

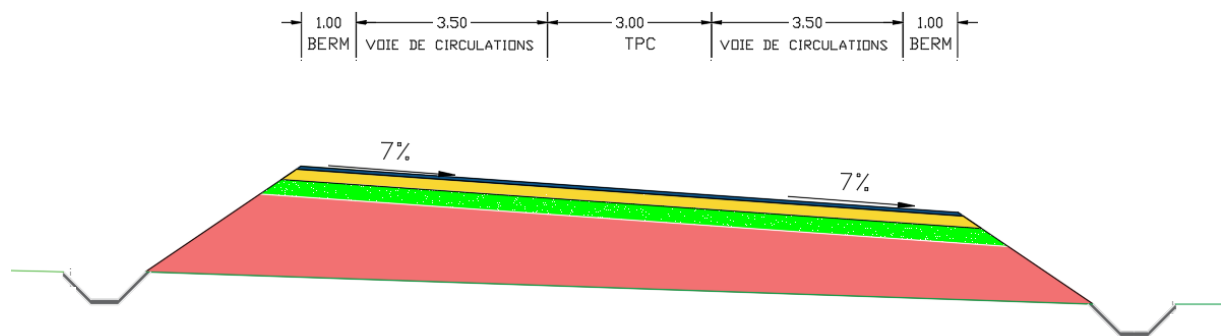


Figure VIII. 5 : PROFILE TYPE A-A.

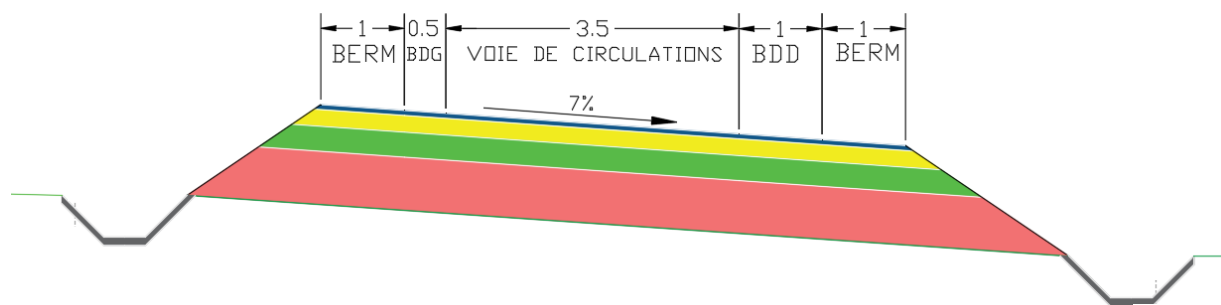


Figure VIII. 6 : PROFILE TYPE B-B.

CHAPITRE IX
ETUDE D'IMPACT
SUR
L'ENVIRONNEMENT

IX. 1.INTRODUCTION

La mise en place d'une nouvelle voie entraîne l'utilisation d'équipements de chantier qui produisent des gaz d'échappement, du bruit et l'emploi de matériaux de carrière (ciment, granulats) et de dérivés du pétrole. Ces environnements naturels et les espaces agricoles sont affectés par les travaux routiers, qui altèrent les réseaux hydrauliques, perturbent la faune et les habitants des environs, fragmentent l'espace naturel grâce à l'enrobé et aux clôtures, et génèrent des déchets. Le sol renferme la plus grande diversité biologique d'un espace naturel (insectes, invertébrés, bactéries). Elle est en grande partie détruite par sa couverture, ce qui interrompt de manière durable les échanges biologiques entre les deux accotements. Il faudra en tenir compte, évaluer ces dommages le plus précisément possible et prendre des mesures pour les annuler, les réduire ou les compenser dans le cadre de l'étude d'impact.

Il est nécessaire de procéder à l'analyse de l'impact en deux temps : pour la construction d'une voirie, qui ne représente que 10 % de l'impact total, et pour le reste (90 %). Il est possible de résumer l'étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier en :

- La détermination des conséquences.
- La justification de la solution choisie.
- L'analyse de l'état initial.

IX.2. OBJECTIFS D'UNE ÉTUDE D'IMPACT

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet. Elle a pour objectifs :

- assurer l'intégration des contraintes et des opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage ;
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

IX.3. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET

L'analyse des impacts consiste à identifier les répercussions du projet sur les composantes environnementales, et à en évaluer l'importance relative. Plus spécifiquement, l'objet de cette analyse consiste à identifier les principales sources d'impact, les composantes des milieux physiques, naturel et humain susceptible de subir un impact, et les mesures d'atténuation ou de compensation visant à minimiser l'importance des impacts et d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

Les impacts potentiels ont été identifiés en tenant compte des éléments susceptibles d'être affectés par le projet ou lors des observations effectuées sur le terrain. Ils peuvent être négatifs ou positifs, temporaires ou permanents, directs ou indirects.

L'évaluation des impacts environnementaux repose essentiellement sur 4 critères principaux :

- L'intensité de l'impact : grande, moyenne ou faible.
- L'étendue de l'impact : régionale, locale ou ponctuelle.
- Durée de l'impact : longue, moyenne ou bien courte.
- L'importance de l'impact : varie de très forte à très faible.

Sources d'impact

Dans le cadre du projet, les principaux impacts surviendront principalement pendant les phases de construction et d'exploitation. La phase de construction débute avec les travaux préparatoires et se poursuivra jusqu'à la mise en service de l'autoroute. Les principales sources d'impact de cette phase sont :

- Aménagement et organisation du chantier
- Travaux d'excavation et de terrassement.
- Construction de la chaussée et des infrastructures connexes
- Remise en état des lieux à la fin des travaux.

IX.4. EVALUATION DES EFFETS DU PROJET

Impacts temporaires liés aux travaux

L'analyse et l'évaluation des impacts sur les composantes environnementales sensibles sont conduites de manière à décrire les effets sur chacune des composantes, depuis l'ouverture du chantier jusqu'à la mise en service de l'infrastructure. A chacune des activités liées aux travaux correspond un effet positif ou négatif sur une ou plusieurs composantes de l'environnement

Impacts positifs :

Création d'emplois : Le projet pourrait générer de nouvelles opportunités d'emploi dans les secteurs de la construction et de la maintenance.

Impacts négatifs :

Impact dû à la perturbation de circulation :

Le transport des équipements risque de perturber le trafic routier et provoquer des accidents, ces équipements peuvent aussi provoquer des nuisances sonores ainsi qu'une pollution atmosphérique.

Impact lié à l'installation de chantier et de base de vie :

Cette opération influe directement sur l'environnement car elle provoque des perturbations au niveau des sources d'eau, des terrains ; la production des déchets....

Impact lié aux travaux d'aménagement de site :

Comme l'ouverture des pistes d'accès au chantier, les zones de stockage des déblais.....

Impact dû à l'accroissement du bruit :

Les vibrations dues aux machines et équipements lourds et léger, ainsi que l'augmentation du trafic émis des bruits, mais leurs impact n'est pas important à cause d'éloignement des habitats de notre tracé.

Impact des travaux sur le paysage :

Les travaux de chantier provoque une modification de la vue actuelle de site, suite à l'installation des bases de vie, l'enlèvement de couvert végétal, les travaux de terrassements, la construction de l'échangeur...etc.

Impact sur les ressources hydriques :

Les travaux de construction de notre route peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines.

Impact sur l'agriculture :

Notre projet est implanté sur un site agricole, qui présente une activité économique très importante pour la région, ou on prévoit:

- La modification du régime agricole,
- Les coupures des parcelles agricoles qui peuvent provoquée la destruction d'une partie,
- La substitution des terrains agricoles, donc la diminution des superficies exploitées, et ça entraine aussi une gêne aux exploitants.

La superficie des terrains agricole affecte par notre projet est envieront 123 750 m2 les zone influencée par le projet se localisent entre (pk30+00 au pk34+725) et (pk36+200 au pk37+700).

Impact sur la faune et la flore

La modification d'implantation des espaces verts (herbes et arbres), et la construction de l'autoroute, influe sur les animaux car elle touche leur domaine vitale.

Impacts durables liés à l'exploitation

Impacts positifs :

Amélioration de l'accessibilité et de la mobilité :

La construction d'une nouvelle route peut contribuer à améliorer l'accès des populations à de nouvelles zones, augmentant ainsi les opportunités de déplacement et de communication entre les communautés.

Diminution du temps de parcours :

La réalisation du projet permettra une meilleure fluidité des flux de trafic et un gain en temps de parcours pour les usagers, dont les retombées économiques sont palpables que ce soit pour l'utilisateur ou pour l'État.

Impact sur la qualité d'air :

Lorsque l'autoroute sera en exploitation, la pollution d'air causée par l'émission des gaz des véhicules sera diminuée au niveau de zones urbaines, comme la ville de Souk Naamane.

Impacts négatifs :

Pollutions des eaux :

Il s'agit des pollutions liées à l'entretien de la chaussée, ainsi qu'aux émissions dues aux gaz d'échappement transporté par les eaux de ruissellement vers un système d'écoulement naturel.

IX.5.MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Cette partie de l'étude d'impact traitera les mesures envisagées visant à réduire les effets et les conséquences dommageables de notre projet, d'une façon qui permette de lui intégrer dans son environnement futur.

Mesures prévues pendant la phase de construction

- Organisation des heures de circulation des engins et équipement hors heure des pointes.
- Respect des règles et du code de la route pour minimiser au maximum les accidents.
- L'humidification des sites et le couvert des camions de transport des matériaux par des bâches étanches afin de diminuer la pollution de l'air.
- L'utilisation des engins en bon état et bien lubrifié pour réduire l'effet de bruit, et la réduction des heures de travail et le nombre d'employés pendant les travaux engendrant un bruit important.
- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés pour minimiser les bruits de circulation.
- Transporter les matériaux de déblais à la zone de dépôts, et traitement de paysage par végétation.
- Construire des ouvrages de franchissement pour ne pas entraver les écoulements naturels, et contrôle des déchets (eaux usées, déchets solide...).
- Indemnisation des agriculteurs concernés.
- Interdire l'abattage des arbres situés en dehors des limites de notre projet.

- Mise en place des passages à faune qui donnent la possibilité aux animaux d'éviter la route

Mesures prévues pendant la phase d'exploitation

Mise en place d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement vers des petits bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme.

IX.6. CONCLUSION

Il est clair que l'identification de tous les impacts est difficile, mais il faut chercher à limiter le plus possible ces impacts en préservant les ressources naturelles. C'est pour cela l'étude d'impact sur l'environnement doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route : Sa conception, sa construction, son exploitation.

CHAPITRE X
OUVRAGES
D'ARTS

X.1. INTRODUCTION

Dans le domaine routier, un ouvrage d'art est une construction de génie civil, autre qu'un bâtiment, qui permet d'assurer et/ou de protéger la continuité d'une voie de circulation. Il existe trois grands types d'ouvrages d'art routiers : les ponts, les ouvrages de soutènements et les tunnels.

Cette partie présentera les ouvrages à concevoir le long de notre tracé, que ce soit l'obstacle franchie (oued, route, chemin de fer...).

X.2. OUVRAGE D'ART AU PK34+200

- C'est un passage supérieur au niveau du PK34+200 qui travers chemin de wilaya 48 et un oued.
- Description de l'ouvrage : longitudinalement le tablier de 24m de long est composé de 2 travées de 25m Portée de chacune.
- Transversalement le pont est de quatre voies de circulation, est composé d'un tablier à poutre en béton précontrainte.
- Le tablier est composé de 8 Poutre en précontrainte de 24 m de longueur et de 1,2 m de hauteur reliées entre elles par un hourdis en béton armée de 24 cm coulé en place.
- La superstructure est posée sur deux culées et une pile en béton armée fondées sur fondation superficielle.
- Le tablier a un dévers unique de 2,5%.

X.3. OUVRAGE D'ART AU NIVEAU DES ROUTES EXISTANTES

Ce sont des ouvrage d'art au niveau des route existantes et le chemin de wilaya 48 le nombre des route a franchir et quatre route :

Tableau X. 1 : ouvrage d'art au niveau des routes existantes

Route a franchir	Pk (intersection avec notre projet)
Route existante 1	32+297
Route existante 2	34+85
Route existante 3	37+83
Chemin de wilaya 48	38+058

Les caractéristiques d'ouvrages dépendent de trace des routes existantes avec un tablier de longueur environ 30m

Pour l'exécution de ses ouvrage des déviations temporelles vont être crée pour ne pas perturber la circulation au niveau de ces voies existantes.

X.4. JUSTIFICATION DE CHOIX

Afin d'éviter des quantités importantes de remblai et de diminuer le coût global du projet, et étant donné que ces routes sont considérées comme secondaires par rapport au projet principal, la construction des ouvrages d'art sur ces dernier sera plus économique et plus pratique.

CHAPITRE XI

SIGNALISATION

XI.1. INTRODUCTION

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité). Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

XI.2. REGLE ET L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE

Règle 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.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

L'objectif

La signalisation routière a pour objectif :

- De rendre plus sûr la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XI.3. TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation.

Type de signalisation horizontale

La signalisation horizontale se divise en trois types :

Marquages longitudinale

- Lignes axiales, on distingue les lignes continues infranchissables, lignes discontinues.
- Lignes de dissuasion.
- Lignes de rive.
- Lignes de délimitation de vitesse.

Marquages transversales :

- Lignes d'arrêt.
- Lignes « céder le passage ».
- Passage pour piétons.

Marquages complémentaire :

- Flèches de sélection de rives.
- Flèches de rabattement.
- Indications particulières.

Dimensions des marquages :

La largeur des lignes est définie par rapport a une largeur unité «u» différente selon le type de route ; on adopte les valeurs suivantes pour « u » .

- $U = 7,5 \text{ cm}$; sur routes de types autoroutier et voies rapides urbaines.
- $U = 6 \text{ cm}$; sur routes express a une chaussée et routes principales bidirectionnelles.
- $U = 5 \text{ cm}$; sur les autres routes.
- Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 7,5 \text{ cm}$.

Modulation des lignes discontinues

Trois types de modulation ont été retenus, se différenciant par rapport des pleins aux vides ; ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous-multiples de 13 (m).le tableau XII. 1donne leurs caractéristiques

Tableau XI. 2 :Types de marquages longitudinaux

chaussée		
Type	designation	Largeur (cm)
continue	Délimitation du chaussée et TPC	3U=22.5
Discontinue T1	Delimitation des différentesvoies	2U=15
Discontinue T4	Délimitation de BAU	3U=22.5
échangeur		
Discontinue T1	Delimitation des différentesvoies	2U=15
Discontinue T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U=37.5
Discontinue T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U=22.5

Tableau XI. 3:Les caractéristiques des lignes discontinues

type	Longueur(m)	Intervalle entre trait	Rapport plien/vide
T1	3.00	10.00	1/3
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	1
T'2	0.50	0.50	
T'3	20.00	6.00	3
T4	39	13	3

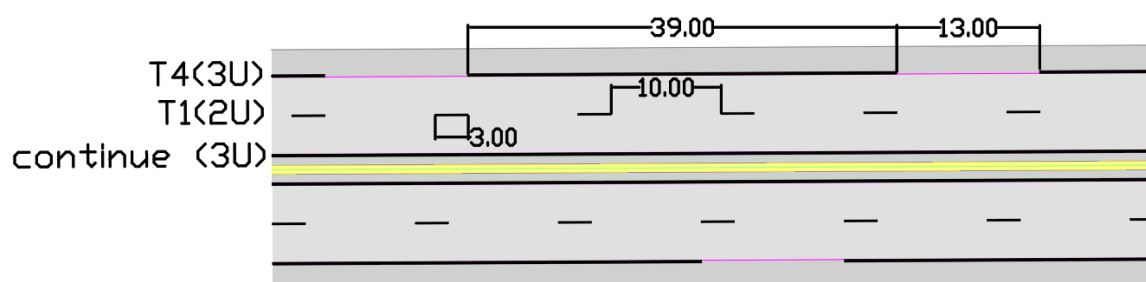


Figure XI. 1 : Types de marquages longitudinaux (section courante)

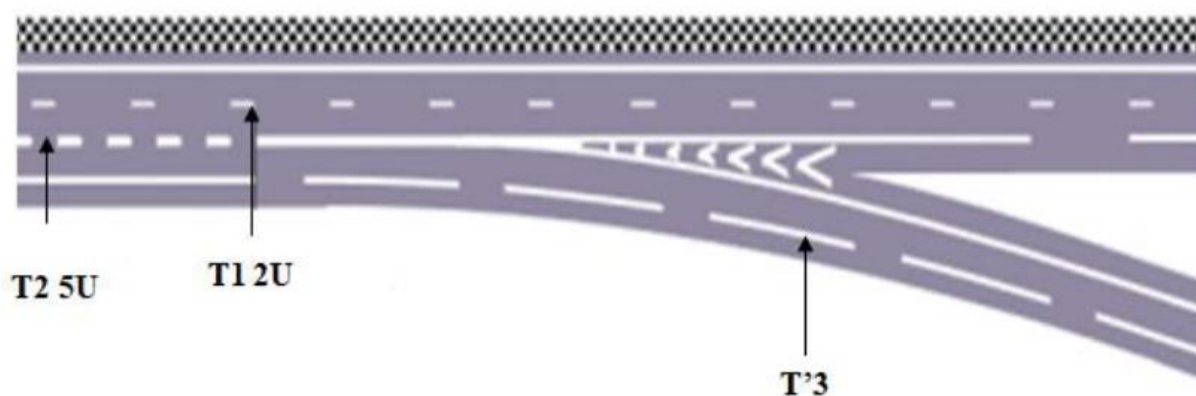


Figure XI. 2 : Types de marquages longitudinaux (échangeur).

Flèches de sélection :

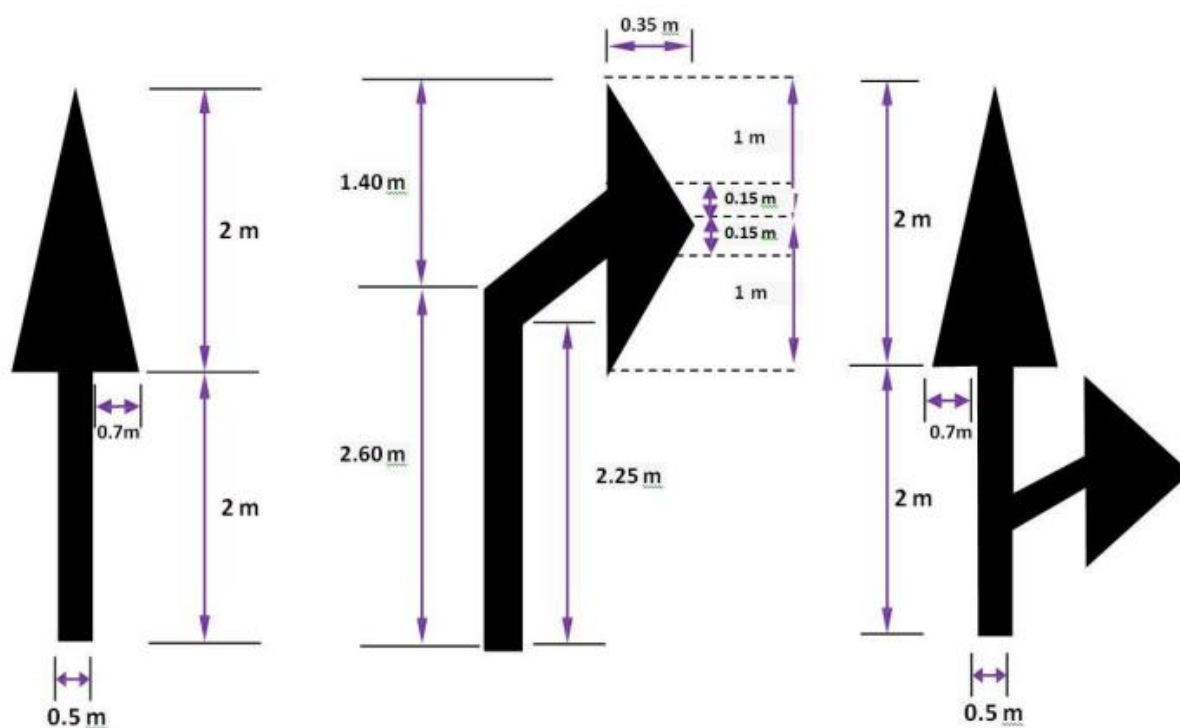


Figure XI. 3 : Flèches de sélection

Signalisation verticale

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

Section courante :

Signaux d'interdiction :



Type: B14.80



Type: B14.80



Type: B12

Signaux de danger :



Type : A1a



Type : A1b

Echangeur :

Signaux d'intersection et priorité :

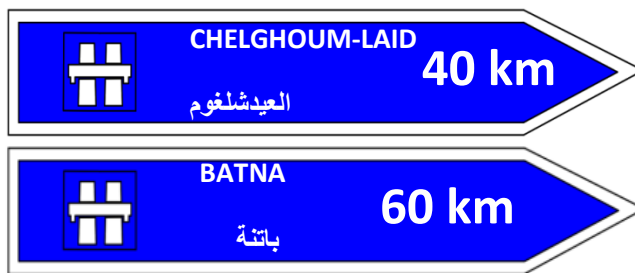


Type : AB4



Type : J14a

Signaux de direction :



Type : D

CHAPITRE XII

DEVIS

QUANTITATIF ET

ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVISQUANTITATIFETESTIMATIF					
Projet:EtudeenAPDd'uneliasonroutièreen2x2voiesreliantlaRN100àlaliasonAutoroutièreBatna–Chelghoum-Laidsurunlinéairede45Kmdu PK30+000au PK40+000					
N°	Désignation	Unité	Quantitéréali sée	PUHT	MontantMarché HT
I.TERRASSEMENT					
1	Installation et repliement de chantier	F	1.00	1,000,000.00	1,000,000.00
2	Décapage de la terre végétale	m²	272,000.00	250.00	68,000,000.00
3	Déblais	m³	457027.60	400.00	182811040.00
4	Remblais des terre provenant des déblais	m³	496466.90	350.00	173763415.00
SOUSTOTAL01:					409,304,786.00
II.CHAUSSÉEETACCOTEMENT					
1	Couche de fondation en grave non traite (GNT)	m³	84,800.00	2,800.00	237,440,000.00
2	Une couche d'imprégnation	m²	152,000.00	100.00	15,200,000.00
3	une couche de base en GB	t	69,920.00	6,000.00	419,520,000.00
4	Une couche d'accrochage	m²	152,000.00	90.00	13,680,000.00
5	une couche deroulement en béton bitumineux	t	21,432.00	9,000.00	192,888,000.00
6	la Peinture de signalisation horizontal	ml	30,000.00	90.00	2,700,000.00
7	Fourniture et pose panneau de signalisation	u	100.00	15,000.00	1,500,000.00
SOUSTOTAL02:					882,928,000.00
III.OUVRAGESHUDRAULIQUES					
1	Réalisation des ouvrages busée				
	DN1200mm	ml	140.00	35,000.00	4,900,000.00
	DN1500mm	ml	28.00	40,000.00	1,120,000.00
	DN2000mm	ml	112.00	45,000.00	5,040,000.00
2	Réalisationd'une caniveaux hydrauliques (fossé trapézoïdal b=50cm,h=50cm,B=150cm)	ml	20,000.00	8,000.00	160,000,000.00
3	Réalisation des dalots préfabriqués	u	1.00	7,000,000.00	7,000,000.00
	TYPE01:dedimensions(b=02,00m*h=1,5m*l=28ml)				
SOUSTOTAL03:					178,060,000.00
IV.ECLAIRGEPUBLICETDIVERS					

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

1	Fourniture et pose de poteau d'éclairage publiques	U	200.00	150,000.00	30,000,000.00
2	Fourniture, transport et ré pondage de terre végétale pour espace vert	M3	4,000.00	600.00	2,400,000.00
3	plantation de haies niveau des Terre-PleinCentral	ML	20,000.00	1,500.00	30,000,000.00
4	une séparateur en béton type GBA au niveau TPC	ML	20,000.00	6,500.00	130,000,000.00
SOUSTOTAL04:		192,400,000.00			
V. Environnement et paysage					
Forfait	5%(3+4)	/			34,460,000.00
SOUSTOTAL05:		34,460,000.00			
MONTANT H.T		1,785,152,786,.00			
TVA 19%		339,179,029.34			
MONTANT TOTAL TTC		2,124,331,815.34			

Le MontantTotalduProjet estde: **2,124,331,815.34DZD**

En lettres : Deux milliards cent vingt-quatre millions trois cent trente-et-un mille huit cent quinze dinars algériens et trente-quatre **Centimes**.

CHAPIRE XIII
RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQ-UE

XIII.1. INTRODUCTION

Dans le monde d'aujourd'hui, le développement durable doit être considéré à tous les niveaux pour un avenir meilleur pour les générations futures, et la construction et l'entretien des infrastructures de transport routier peuvent se faire en choisissant l'une des différentes technologies respectueuses du développement durable. Engagement envers le concept de développement durable.

Parmi ces technologies, certaines sont anciennes, d'autres ont émergé ces dernières années et d'autres encore sont en cours de développement.

Par conséquent, ces considérations économiques combinées aux préoccupations concernant la conservation des ressources naturelles ont conduit au développement de nouvelles technologies pour les fondations routières.

Dans cette étude, nous aborderons dans un premier temps les différents scénarios de dégradation des routes, comment évaluer l'état de ces routes, quelques techniques d'entretien et enfin discuterons d'un béton bitumineux innovant, à savoir le BBME.

XIII.2. DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES

On distingue plusieurs familles de dégradation

Les Fissuration

Fissures transversales

Dommages superficiels orientés relativement perpendiculairement à la route, généralement sur toute la largeur de la route.

Causes probables:

- Retrait thermique.
- Vieillessement et fragilisation de l'asphalte.(Bitume)
- Mauvaise exécution des joints de construction
- Réduire la surface de couverture (ex : vis-à-vis des regards).



Figure I 1: Fissure transversale.

Fissures longitudinales

Dommages superficiels à l'extérieur de la voie des roues relativement parallèles à la direction de la route, à l'exclusion des fissures de gel.

Causes probables:

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente.
- Ségrégation de l'enrobé à la pose(ex.: centre de l'épandeur).
- Vieillissement du revêtement.



Figure I.2:Fissure longitudinale.

Fissures en carrelage (faïençage)

Le revêtement se fissure sur une surface plus ou moins étendue, formant un motif de fissures avec une grille de petits ou grands polygones.

Causes probables:

- Fatigue (ex: épaisseur de revêtement insuffisante).
- Vieillissement de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé).
- Capacité portante insuffisante.



Figure I 3 : Faïençage de la chaussée.

Défauts de l'enrobé et perte du revêtement

Dés enrobage et arrachement

Description:

Érosion du mastic et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

Causes probables:

- Usure par trafic intense.
- Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage.
- Utilisation d'agrégats hydrophiles ou bitume-ophobes.
- Compactage insuffisant.
- Sur chauffe ou vieillissement de l'enrobé (oxydation et fragilisation).
- Sollicitations accrues en zone de virage et de freinage (milieu urbain).



Figure I.4: Dés enrobage et arrachement.

Ressuage

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.

Causes probables :

- Sur dosage du bitume.
- Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic.
- Excès de liant d'accrochage.
- Formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.



Figure I.5 : Ressuage de la chaussée.

Nid-de-poule

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables. Les trous peuvent être comblés par du rapiéçage temporaire.

Causes probables:

- Faiblesse ponctuelle de la fondation.
- Épaisseur insuffisante du revêtement.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd.



Figure I 6 : Nid-de-poule

XIII.3. TECHNIQUES D'AUSCULTATION DES CHAUSSEES

L'auscultation répond à un besoin de connaître l'évolution de l'état de la chaussée, afin de favoriser une meilleure gestion et de programmer les travaux d'entretien. Elle doit impérativement inclure et commencer par l'évaluation de l'état de la surface de la chaussée. Cette évaluation permet ensuite de déterminer si une auscultation complémentaire est nécessaire pour identifier les autres paramètres de performance de chaque section définie.

Parmi les éléments permettant d'évaluer l'état de la chaussée on cite :

- L'état de la surface : par relevé visuel, automatisé ou assisté par ordinateur.
- La composition de la chaussée: par le carottage, le forage avec échantillonnage, etc.
- Les capacités structurales : déterminer soit par technique dynamique ou statique.
- La mesure de confort au roulement (l'uni).
- La mesure de l'orniérage.

Technique d'entretien

Qu'il s'agisse de dégradations de surface ou structurelles, diverses solutions techniques d'entretien sont disponibles pour y remédier. Le choix de ces solutions doit prendre en compte la nature et le degré de dégradation de la chaussée, le trafic, ainsi que les contraintes d'exploitation.

D'après ces techniques on site :

- La réalisation des purges de chaussées: qui est une technique permettant de reprendre ponctuellement un défaut de structure de la chaussée par remplacement des couches déstructurées par de nouveaux matériaux.
- Le traitement de surface : est une technique d'entretien des chaussées constituée de couches superposées d'émulsion de bitume et de granulats. Il permet de créer une couche de roulement sur une surface donnée (granulaire ou revêtue), et de protéger l'intégrité de la chaussée.
- Planage et couche d'usure: cette technique consiste à renouveler les caractéristiques de sécurité et de confort et de diminuer le bruit routier par planage (fraisage) de la couche de roulement existante et l'épandage d'une nouvelle couche d'enrobés.
- Le retraitement des chaussées : consiste à apporter un liant hydraulique, éventuellement un correcteur granulométrique et de l'eau, de les mélanger sur site, et de les compacter pour obtenir les performances mécaniques souhaitées
- La reconstruction : consiste au fraisage et à la mise en décharge de l'ancienne chaussée, puis à l'apport de matériaux élaborés, cette technique est utilisée lorsque l'usure de la chaussée atteint un niveau de dégradation élevée.
- Les enrobés coulés à froid : cette technique consiste à mettre en place un mélange bitumineux confectionné à froid, il s'applique en couche très mince. Elle améliore l'étanchéité mais surtout l'adhérence de la chaussée.
- Les bétons bitumineux : il peut être disposé en une ou plusieurs couches en fonction du besoin, ce type de béton est résistants et peuvent s'adapter à divers types de surface. Il existe plusieurs types comme : Béton bitumineux très mince (BBTM), béton bitumineux ultra mince (BBUM), béton bitumineux drainant (BBDR), béton bitumineux à module élevé (BBME)....etc.

Dans la partie suivante nous allons parler sur le béton bitumineux à module élevé (BBME).

Béton bitumineux a module eleve (bbme)

Définition:

Les bétons bitumineux à module élevé (BBME) sont des enrobés hydrocarbonés dont le module de rigidité dépasse celui des bétons bitumineux classiques. Ces BBME représentent une avancée dans les enrobés épais, permettant de mieux répondre aux exigences en matière de résistance et de performance mécanique face à l'augmentation des charges lourdes. Ils sont produits à partir d'un mélange de bitume pur ou modifié et de granulats, fabriqué dans une centrale d'enrobage. L'amélioration des performances est obtenue grâce à l'utilisation de bitume de grade plus dur, l'ajout de polymères, et des additifs spéciaux tels que la poudre d'asphalte ou les fibres.

Classification

On distingue deux types de bétons bitumineux à module élevé:(AFNOR, 1999)[18]

- Béton bitumineux à module élevé 0/10 mm (BBME 0/10).
- Béton bitumineux à module élevé 0/14 mm (BBME 0/14).

Chaque type peut se situer dans trois classes de performance: classe 1, 2 ou 3.

Domaine d'application

- Couches de roulement et de liaison pour travaux de construction des chaussées, empruntées par un trafic moyen ou dense.
- Entretien de chaussée traditionnelle sur des supports un peu plus déformables.
- Rond-point.
- Plateforme des stockages.
- Pistes et voies de circulation des aéroports.

Propriétés

- Enrobé «structurant»
- Les BBME permettent une meilleure résistance à l'orniérage.
- Ils se caractérisent par un module de rigidité «E» plus élevé que les enrobés classiques.
- Durée de vie élevée
- Épaisseur de mise en œuvre réduite, ils s'appliquent sur des épaisseurs de 5 à 7 cm pour les BBME 0/10 et 6 à 9 cm pour les BBME 0/14.
- Recommandée pour leur utilisation en couche de roulement dans les régions présentant de forts écarts thermiques journaliers ou saisonniers.

Composition

Les BBME sont constitués de: granulats, liant hydrocarbonés et des additifs.(AFNOR, 1999)

Granulats

Le squelette granulaire est obtenu par recomposition de sables, de gravillon et éventuellement de filler d'apport. La valeur maximale de friabilité de sable est fixée à 40 pour un 0/4 et à 45 pour un 0/2.

Les classes granulaires utilisables sont : 0/2 mm ; 0/4 mm; 2/6.3 mm; 4/10 mm ; 6.3/10 mm ; 10/14mm.

Les granulats utilisés pour la réalisation des couches de chaussées doivent répondre à des spécifications relatives aux caractéristiques intrinsèques des granulats et à, celles liées à leurs fabrications. Elles dépendent :

- De la technique utilisée
- Du niveau de la couche de matériau par rapport à la surface de la chaussée.
- Du trafic poids lourds

Les essais mécaniques quand doit réaliser pour déterminer ces caractéristiques sont:

- Analyses granulométrie
- Masses Volumiques absolues
- Essai Micro De val en présence d'eau
- Essai de Los Angeles
- Essai d'Aplatissement

Après la réalisation des essais, les granulats sont choisis par référence à la norme 'XP P 18-540'.

La catégorie des granulats est spécifiée en fonction des objectifs recherchés et du contexte propre de chantier.

Les normes spécifient les catégories minimales suivantes:

Tableau VIII. 3:Caractéristiques minimales des granulats pour BBME

	Couche de roulement	Couche de liaison
Résistance mécanique des gravillons	C	D
Caractéristiques de fabrication des gravillons	III	III
Caractéristiques de fabrication des sables	a	a
Angularité des gravillons et de sables	RC2	-

Les fines utilisées sont les filler d'apport, les fines de sable et la chaux vive. Elles sont définies par leurs granulométrie, masse volumique réelle, valeur au bleu, porosité R et le delta Bille-Anneau

Liants hydrocarbonés

Divers types déliant peuvent être utilisés pour ces enrobés et qui sont comme suit :

Les bitumes purs (EN12591 de Décembre 2009)

C'est un bitume obtenu par divers procédés de raffinage à partir de bruts pétroliers. Il ne comporte aucun ajout destiné à en modifier la consistance.

Les bitumes spéciaux:

Bitumes spéciaux normalisés (Bitumes durs):

Ces sont des bitumes purs obtenus par un procédé d'affinage direct. Ils correspondent généralement aux bitumes de classes 10/20 et 15/25.

Bitumes spéciaux non normalisés: Ce sont des bitumes non normalisés, autres que des bitumes modifiés, répondant à des usages spécifiques routiers. On peut citer :

- Les bitumes à susceptibilité améliorée:
- Les bitumes anti-ornement.
- Les bitumes modifiés : sont utilisés pour les couches de roulement afin d'améliorer la résistance au vieillissement.
- Les bitumes modifiés, préparés dans des unités spécialisées, améliorent les propriétés du bitume grâce à des agents chimiques comme le caoutchouc naturel et les polymères synthétiques.

L'additif:

L'ajout d'un additif est en fonction des performances souhaitées.

Fabrication:

Elle commence par la vérification de la fiabilité de la centrale de fabrication moyennant l'examen du niveau d'équipement de cette dernière et l'étalonnage des systèmes de pesage pondéraux ou volumétriques et des systèmes de relevé des températures (AFNOR, 1992) [19]

Après réception de la qualité des matières premières (granulats et bitumes), la fabrication de l'enrobé peut être entamée suivant la procédure suivante :

- Stockage et chauffage de liant.
- Dosage des fines d'apport.
- Dosage des granulats et dosage des agrégats à recycler.
- Chauffage et déshydratation des granulats.
- Stockage des granulats séchés.
- Alimentation des malaxeurs en granulats.
- Chauffage des agrégats recyclés.
- Introduction et dosage de liant.
- Malaxage.
- Stockage et chargement de enrobés.

Mise en œuvre:

La mise en œuvre des enrobés intervient pour une part importante dans les qualités requises pour une couche de chaussée. Après réception du matériel de mise en œuvre et de transport des enrobés, la réalisation des planches d'essai et de référence, les caractéristiques à contrôler sont comme suit : (AFNOR, 1992) [19]

- Préparation du support
- Reprofilage ou fraisage préalable.
- Exécution d'une couche d'accrochage.
- Température enrobés:

Tableau I. 4: Températures admissibles.

Catégorie du bitume	Température de fabrication (°C)	Température min de répandage (°C)	Température de fin de compactage (°C)
40/50	150/170	130	110
20/30	160/180	140	115
15/25-10/20	160/180	145	Fournisseur

VIII.4. CONCLUSION

L'utilisation des bétons bitumineux à module élevé permet de réduire considérablement l'épaisseur des couches par rapport aux solutions classiques. Leurs propriétés mécaniques offrent une excellente performance en termes de rigidité (module de rigidité élevé), un faible pourcentage de vides, et un comportement remarquable face à la fatigue.

Cela peut permettre des économies de ressources naturelles non renouvelables (granulats et liants) grâce à l'augmentation de la durée de vie de la chaussée et à la réduction de son épaisseur. Par conséquent, cette technique utilisant ces enrobés peut être considérée comme faisant partie des pratiques de développement durable..

CONCLUSION GENERALE

Nous avons réalisé un projet de fin d'études qui a joué un rôle essentiel dans notre formation. Il nous a donné l'opportunité de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de notre parcours universitaire.

Après avoir réalisé une étude APD sur une liaison routière reliant la RN100 à la liaison autoroutière Batna – Chelghoum-Laid sur une distance de 10 km, du PK 30+000 au PK 40+000, avec la conception d'un échangeur, nous avons pu identifier tous les problèmes techniques qui peuvent survenir.

De plus, cette tâche nous a encouragés à acquérir une meilleure maîtrise des outils informatiques, notamment les logiciels tels qu'Autopiste, Word, Global Mapper et Alizé LCPC, en raison de leur précision dans les résultats.

Dans notre recherche, nous avons tenté de respecter toutes les normes routières essentielles et indispensables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cours

- DERRICHE Zohra : cours géotechnique routière 4^{ème} année, Alger : ENSTP
- KARA : cours de routes 4^{ème} année, Alger : ENSTP.
- KALLI Fatima Zohra et GOUMETTRE Ahmed : manuel de projet de routes, Alger : office de publications universitaires.
- RAHMANI : cours hydraulique appliqué 4^{ème} année, Alger : ENSTP.
- BERRICHE : cours de mécanique des sols 3^{ème} année, Alger : ENSTP.

Documents

- SETRA : Service d'étude techniques des routes et autoroutes.
- CTTP : Organisme national de contrôle technique des travaux publics : catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (fascicule 1,2 ,3).
- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. ICTAAL 2000 : guide échangeur
- B40 : normes techniques d'aménagement des routes.
- L'instruction interministérielle sur la signalisation routière
- Manuel d'identification des dégradations des chaussées souple, Québec, 2002.
- Couche de roulement et couche de liaison : béton bitumineux à module élevé (BBME), AFNOR, Novembre 1999.
- Norme française NF P 98 150 : Exécution des corps de chaussée, couche de liaison et couche de roulement: béton bitumineux à module élevé (BBME), AFNOR, Décembre 1992.

ANNEXE I TRACE EN PLAN

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 284.87gr	1923.652	30+000.000	258275.530	3978621.127
Arc 1	Rayon 6000.000 m	255.286	31+923.652	256405.915	3978168.381
	Centre X 257818.062 m				
	Centre Y 3972336.928 m				
Droite 2	Gisement 282.17gr	1381.239	32+178.938	256159.153	3978103.038
Arc 2	Rayon 1539.393 m	950.800	33+560.178	254831.757	3977721.146
	Centre X 255257.376 m				
	Centre Y 3976241.761 m				
Droite 3	Gisement 242.85gr	471.356	34+510.977	254053.655	3977201.338
Arc 3	Rayon -1500.000 m	534.000	34+982.333	253759.837	3976832.763
	Centre X 252586.919 m				
	Centre Y 3977767.784 m				
Droite 4	Gisement 265.51gr	387.665	35+516.333	253360.412	3976482.596
Arc 4	Rayon 1500.000 m	37.051	35+903.998	253028.264	3976282.692
	Centre X 253801.758 m				
	Centre Y 3974997.504 m				
Droite 5	Gisement 263.94gr	254.556	35+941.049	252996.758	3976263.196
Arc 5	Rayon -1500.000 m	384.379	36+195.606	252781.965	3976126.584
	Centre X 251976.965 m				
	Centre Y 3977392.276 m				
Droite 6	Gisement 280.25gr	1328.549	36+579.984	252434.880	3975963.880
Arc 6	Rayon -1630.979 m	530.981	37+908.534	251169.751	3975558.306
	Centre X 250671.851 m				
	Centre Y 3977111.428 m				
Droite 7	Gisement 300.98gr	776.321	38+439.515	250646.848	3975480.640
Arc 7	Rayon 1500.000 m	1071.722	39+215.835	249870.618	3975492.542
	Centre X 249847.622 m				
	Centre Y 3973992.718 m				
Droite 8	Gisement 255.49gr	444.038	40+287.558	248882.271	3975140.802
			40+731.596	248542.409	3974855.033
Longueur totale de l'axe 10731.596 mètre(s)					

ANNEXE II PROFIL EN LONG

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.69 %	15.203	30+000.000	832.760
Parabole 1	Rayon -60000.000 m	800.414	30+015.203	832.866
	Sommet Absc. 30+432.041 m			
	Sommet Alt. 834.314 m			
Pente 2	Pente -0.64 %	595.233	30+815.616	833.087
Parabole 2	Rayon 37000.000 m	842.127	31+410.850	829.282
	Sommet Absc. 31+647.388 m			
	Sommet Alt. 828.526 m			
Pente 3	Pente 1.64 %	468.662	32+252.977	833.482
Parabole 3	Rayon -14000.000 m	306.722	32+721.639	841.153
	Sommet Absc. 32+950.781 m			
	Sommet Alt. 843.028 m			
Pente 4	Pente -0.55 %	426.893	33+028.361	842.813
Parabole 4	Rayon 12000.000 m	389.491	33+455.254	840.447
	Sommet Absc. 33+521.752 m			
	Sommet Alt. 840.263 m			
Pente 5	Pente 2.69 %	197.484	33+844.746	844.610
Parabole 5	Rayon -12500.000 m	415.540	34+042.230	849.926
	Sommet Absc. 34+378.682 m			
	Sommet Alt. 854.454 m			
Pente 6	Pente -0.63 %	317.139	34+457.770	854.203
Parabole 6	Rayon 10000.000 m	192.444	34+774.909	852.197
	Sommet Absc. 34+838.180 m			
	Sommet Alt. 851.997 m			
Pente 7	Pente 1.29 %	280.623	34+967.354	852.831
Parabole 7	Rayon -70000.000 m	345.628	35+247.977	856.456
	Sommet Absc. 36+152.191 m			
	Sommet Alt. 862.296 m			
Pente 8	Pente 0.80 %	290.204	35+593.604	860.067
Parabole 8	Rayon -60000.000 m	1031.067	35+883.808	862.383
	Sommet Absc. 36+362.597 m			
	Sommet Alt. 864.293 m			
Pente 9	Pente -0.92 %	254.634	36+914.874	861.751
Parabole 9	Rayon 20000.000 m	740.578	37+169.509	859.408
	Sommet Absc. 37+353.601 m			
	Sommet Alt. 858.560 m			
Pente 10	Pente 2.78 %	212.907	37+910.087	866.302
Parabole 10	Rayon -15000.000 m	854.012	38+122.994	872.226
	Sommet Absc. 38+540.358 m			
	Sommet Alt. 878.033 m			
Pente 11	Pente -2.91 %	179.432	38+977.006	871.677
Parabole 11	Rayon 15000.000 m	361.462	39+156.438	866.454
	Sommet Absc. 39+593.086 m			
	Sommet Alt. 860.099 m			
Pente 12	Pente -0.50 %	32.611	39+517.900	860.287
Parabole 12	Rayon -20000.000 m	327.674	39+550.511	860.124
	Sommet Absc. 39+450.263 m			
	Sommet Alt. 860.375 m			
Pente 13	Pente -2.14 %	853.411	39+878.185	855.797
			40+731.596	837.537
Longueur totale de l'axe 10731.596 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 10732.598 mètre(s)				

ANNEXE III CUBATURES

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	30+000.000	12.500	23.55	0.00	294.3	0.0	294.3	0.0
P02	30+025.000	25.000	14.65	0.00	366.3	0.0	660.6	0.0
P03	30+050.000	25.000	9.78	0.00	244.5	0.0	905.1	0.0
P04	30+075.000	25.000	5.81	0.00	145.3	0.0	1050.5	0.0
P05	30+100.000	25.000	1.37	5.54	34.4	138.6	1084.8	138.6
P06	30+125.000	14.870	0.08	19.73	1.2	293.4	1086.0	432.1
P07	30+129.740	12.500	0.47	23.92	5.8	299.0	1091.8	731.1
P08	30+150.000	22.630	0.12	18.07	2.7	408.8	1094.6	1139.9
P09	30+175.000	25.000	0.00	27.77	0.0	694.3	1094.6	1834.3
P10	30+200.000	25.000	0.00	36.62	0.0	915.5	1094.6	2749.8
P11	30+225.000	25.000	0.00	38.25	0.0	956.3	1094.6	3706.1
P12	30+250.000	25.000	0.00	43.98	0.0	1099.5	1094.6	4805.6
P13	30+275.000	25.000	0.00	52.41	0.0	1310.3	1094.6	6115.9
P14	30+300.000	25.000	0.00	49.27	0.0	1231.6	1094.6	7347.6
P15	30+325.000	25.000	0.00	45.76	0.0	1144.1	1094.6	8491.6
P16	30+350.000	25.000	0.00	41.50	0.0	1037.5	1094.6	9529.2
P17	30+375.000	25.000	0.00	35.57	0.0	889.2	1094.6	10418.4
P18	30+400.000	25.000	0.00	33.33	0.0	833.3	1094.6	11251.7
P19	30+425.000	25.000	0.00	31.34	0.0	783.6	1094.6	12035.3
P20	30+450.000	25.000	0.00	28.57	0.0	714.2	1094.6	12749.6
P21	30+475.000	25.000	0.00	33.95	0.0	848.8	1094.6	13598.4
P22	30+500.000	25.000	0.00	38.55	0.0	963.8	1094.6	14562.1
P23	30+525.000	25.000	0.00	39.54	0.0	988.5	1094.6	15550.6
P24	30+550.000	25.000	0.00	41.84	0.0	1046.1	1094.6	16596.7
P25	30+575.000	25.000	0.00	45.54	0.0	1138.5	1094.6	17735.2
P26	30+600.000	25.000	0.00	52.29	0.0	1307.3	1094.6	19042.5
P27	30+625.000	25.000	0.00	56.74	0.0	1418.4	1094.6	20460.9
P28	30+650.000	25.000	0.00	59.44	0.0	1486.1	1094.6	21947.1

P29	30+675.000	25.000	0.00	60.86	0.0	1521.5	1094.6	23468.5
P30	30+700.000	25.000	0.00	55.04	0.0	1376.0	1094.6	24844.5
P31	30+725.000	25.000	0.00	44.62	0.0	1115.6	1094.6	25960.1
P32	30+750.000	25.000	0.00	32.72	0.0	818.0	1094.6	26778.1
P33	30+775.000	25.000	0.00	32.27	0.0	806.7	1094.6	27584.8
P34	30+800.000	25.000	0.00	27.05	0.0	676.2	1094.6	28261.0
P35	30+825.000	25.000	0.13	20.70	3.2	517.4	1097.8	28778.4
P36	30+850.000	25.000	0.28	12.54	6.9	313.4	1104.7	29091.8
P37	30+875.000	25.000	0.62	7.98	15.5	199.5	1120.2	29291.3
P38	30+900.000	25.000	1.33	4.69	33.3	117.1	1153.5	29408.4
P39	30+925.000	25.000	1.25	4.22	31.3	105.4	1184.8	29513.8
P40	30+950.000	25.000	0.84	6.35	21.1	158.8	1205.9	29672.6
P41	30+975.000	25.000	0.60	9.29	14.9	232.1	1220.8	29904.7
P42	31+000.000	25.000	0.44	10.86	10.9	271.4	1231.7	30176.1
P43	31+025.000	25.000	0.63	7.94	15.9	198.4	1247.6	30374.6
P44	31+050.000	25.000	0.97	5.48	24.4	137.0	1271.9	30511.6
P45	31+075.000	25.000	1.66	4.63	41.6	115.7	1313.5	30627.3
P46	31+100.000	25.000	3.10	0.40	77.5	9.9	1391.0	30637.2
P47	31+125.000	25.000	11.07	0.00	276.8	0.0	1667.8	30637.2
P48	31+150.000	25.000	27.60	0.00	690.0	0.0	2357.9	30637.2
P49	31+175.000	25.000	31.41	0.00	785.3	0.0	3143.1	30637.2
P50	31+200.000	25.000	19.53	0.00	488.3	0.0	3631.5	30637.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	31+225.000	25.000	9.24	0.00	231.0	0.0	3862.4	30637.2
P52	31+250.000	25.000	15.08	0.00	377.0	0.0	4239.5	30637.2
P53	31+275.000	25.000	21.51	0.00	537.7	0.0	4777.2	30637.2
P54	31+300.000	25.000	25.57	0.00	639.1	0.0	5416.3	30637.2
P55	31+325.000	25.000	29.49	0.00	737.2	0.0	6153.5	30637.2
P56	31+350.000	25.000	36.65	0.00	916.2	0.0	7069.7	30637.2
P57	31+375.000	25.000	40.26	0.00	1006.5	0.0	8076.2	30637.2
P58	31+400.000	25.000	41.11	0.00	1027.8	0.0	9104.0	30637.2
P59	31+425.000	25.000	38.82	0.00	970.5	0.0	10074.5	30637.2
P60	31+450.000	25.000	44.10	0.00	1102.6	0.0	11177.1	30637.2
P61	31+475.000	25.000	48.07	0.00	1201.7	0.0	12378.8	30637.2
P62	31+500.000	25.000	47.27	0.00	1181.8	0.0	13560.7	30637.2
P63	31+525.000	25.000	47.09	0.00	1177.4	0.0	14738.0	30637.2
P64	31+550.000	25.000	44.57	0.00	1114.3	0.0	15852.3	30637.2
P65	31+575.000	25.000	40.55	0.00	1013.8	0.0	16866.1	30637.2
P66	31+600.000	25.000	40.86	0.00	1021.5	0.0	17887.6	30637.2
P67	31+625.000	25.000	42.82	0.00	1070.4	0.0	18958.0	30637.2
P68	31+650.000	25.000	39.88	0.00	997.1	0.0	19955.0	30637.2
P69	31+675.000	25.000	37.92	0.00	948.0	0.0	20903.0	30637.2
P70	31+700.000	25.000	39.92	0.00	998.1	0.0	21901.0	30637.2
P71	31+725.000	25.000	41.90	0.00	1047.6	0.0	22948.6	30637.2
P72	31+750.000	25.000	38.70	0.00	967.4	0.0	23916.0	30637.2
P73	31+775.000	25.000	40.21	0.00	1005.3	0.0	24921.3	30637.2
P74	31+800.000	25.000	38.70	0.00	967.5	0.0	25888.8	30637.2
P75	31+825.000	25.000	40.39	0.00	1009.7	0.0	26898.5	30637.2
P76	31+850.000	25.000	38.02	0.00	950.6	0.0	27849.1	30637.2
P77	31+875.000	25.000	34.72	0.00	868.0	0.0	28717.2	30637.2
P78	31+900.000	24.326	29.51	0.00	717.8	0.0	29435.0	30637.2
P79	31+923.652	12.500	27.87	0.00	348.4	0.0	29783.4	30637.2
P80	31+925.000	13.174	27.83	0.00	366.7	0.0	30150.1	30637.2

P81	31+950.000	25.000	27.62	0.00	690.6	0.0	30840.8	30637.2
P82	31+975.000	25.000	25.99	0.00	649.9	0.0	31490.7	30637.2
P83	31+1000.000	25.000	22.46	0.00	561.6	0.0	32052.3	30637.2
P84	32+025.000	25.000	22.26	0.00	556.6	0.0	32608.8	30637.2
P85	32+050.000	25.000	20.61	0.00	515.5	0.0	33124.3	30637.2
P86	32+075.000	25.000	18.63	0.00	465.8	0.0	33590.2	30637.2
P87	32+100.000	25.000	15.33	0.00	383.5	0.0	33973.6	30637.2
P88	32+125.000	25.000	9.99	0.00	249.8	0.0	34223.4	30637.2
P89	32+150.000	25.000	6.14	0.03	153.5	0.8	34377.0	30638.0
P90	32+175.000	14.469	3.62	1.20	52.4	17.4	34429.4	30655.4
P91	32+178.938	12.500	3.51	1.28	43.8	16.0	34473.2	30671.4
P92	32+200.000	23.031	1.66	2.24	38.1	51.5	34511.4	30722.9
P93	32+225.000	25.000	1.05	5.50	26.3	137.4	34537.7	30860.3
P94	32+250.000	25.000	0.62	9.48	15.6	237.0	34553.3	31097.3
P95	32+275.000	23.841	1.07	5.40	25.4	128.7	34578.7	31226.0
P96	32+297.682	12.500	0.96	4.10	12.0	51.2	34590.7	31277.2
P97	32+300.000	13.659	0.94	4.74	12.8	64.7	34603.5	31342.0
P98	32+325.000	25.000	0.00	19.79	0.0	494.7	34603.5	31836.6
P99	32+350.000	25.000	0.00	28.34	0.0	708.5	34603.5	32545.2
P100	32+375.000	25.000	0.00	35.85	0.0	896.2	34603.5	33441.4
P101	32+400.000	25.000	0.00	41.06	0.0	1026.4	34603.5	34467.8
P102	32+425.000	25.000	0.00	45.36	0.0	1134.0	34603.5	35601.8
P103	32+450.000	25.000	0.00	51.37	0.0	1284.3	34603.5	36886.1
P104	32+475.000	25.000	0.00	56.00	0.0	1400.0	34603.5	38286.1
P105	32+500.000	25.000	0.00	59.67	0.0	1491.6	34603.5	39777.8
P106	32+525.000	25.000	0.00	63.63	0.0	1590.9	34603.5	41368.6
P107	32+550.000	25.000	0.00	67.56	0.0	1689.1	34603.5	43057.7
P108	32+575.000	25.000	0.00	71.86	0.0	1796.4	34603.5	44854.1
P109	32+600.000	25.000	0.00	76.77	0.0	1919.3	34603.5	46773.4
P110	32+625.000	25.000	0.00	79.27	0.0	1981.7	34603.5	48755.1
P111	32+650.000	25.000	0.00	79.40	0.0	1985.0	34603.5	50740.1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	32+675.000	25.000	0.00	80.63	0.0	2015.6	34603.5	52755.7
P113	32+700.000	25.000	0.00	82.28	0.0	2056.9	34603.5	54812.7
P114	32+725.000	25.000	0.00	86.54	0.0	2163.5	34603.5	56976.2
P115	32+750.000	25.000	0.00	88.51	0.0	2212.7	34603.5	59189.0
P116	32+775.000	25.000	0.00	88.12	0.0	2203.0	34603.5	61392.0
P117	32+800.000	25.000	0.00	79.37	0.0	1984.4	34603.5	63376.4
P118	32+825.000	25.000	0.00	83.87	0.0	2096.8	34603.5	65473.2
P119	32+850.000	25.000	0.00	78.53	0.0	1963.3	34603.5	67436.5
P120	32+875.000	25.000	0.00	74.09	0.0	1852.2	34603.5	69288.7
P121	32+900.000	25.000	0.00	65.95	0.0	1648.8	34603.5	70937.4
P122	32+925.000	25.000	0.00	57.57	0.0	1439.3	34603.5	72376.7
P123	32+950.000	25.000	0.00	49.80	0.0	1244.9	34603.5	73621.7
P124	32+975.000	25.000	0.00	41.53	0.0	1038.2	34603.5	74659.9
P125	33+000.000	25.000	0.00	26.44	0.0	661.1	34603.5	75321.0
P126	33+025.000	25.000	0.49	9.19	12.2	229.6	34615.6	75550.6
P127	33+050.000	25.000	6.80	0.00	170.0	0.0	34785.6	75550.6
P128	33+075.000	25.000	21.02	0.00	525.5	0.0	35311.2	75550.6
P129	33+100.000	25.000	34.64	0.00	866.0	0.0	36177.2	75550.6
P130	33+125.000	25.000	47.18	0.00	1179.4	0.0	37356.6	75550.6
P131	33+150.000	25.000	59.58	0.00	1489.4	0.0	38846.0	75550.6
P132	33+175.000	25.000	72.68	0.00	1816.9	0.0	40662.9	75550.6
P133	33+200.000	25.000	80.94	0.00	2023.6	0.0	42686.4	75550.6
P134	33+225.000	25.000	96.20	0.00	2405.0	0.0	45091.5	75550.6
P135	33+250.000	25.000	115.76	0.00	2894.0	0.0	47985.5	75550.6
P136	33+275.000	25.000	127.75	0.00	3193.8	0.0	51179.3	75550.6
P137	33+300.000	25.000	145.82	0.00	3645.6	0.0	54824.9	75550.6
P138	33+325.000	25.000	167.06	0.00	4176.5	0.0	59001.4	75550.6
P139	33+350.000	25.000	183.96	0.00	4599.0	0.0	63600.4	75550.6
P140	33+375.000	25.000	195.95	0.00	4898.7	0.0	68499.1	75550.6
P141	33+400.000	25.000	213.68	0.00	5342.0	0.0	73841.1	75550.6
P142	33+425.000	25.000	235.77	0.00	5894.4	0.0	79735.4	75550.6

P143	33+450.000	25.000	260.01	0.00	6500.3	0.0	86235.8	75550.6
P144	33+475.000	25.000	286.30	0.00	7157.5	0.0	93393.2	75550.6
P145	33+500.000	25.000	307.32	0.00	7683.1	0.0	101076.3	75550.6
P146	33+525.000	25.000	324.06	0.00	8101.5	0.0	109177.8	75550.6
P147	33+550.000	17.589	329.76	0.00	5800.1	0.0	114977.9	75550.6
P148	33+560.178	12.500	331.28	0.00	4142.1	0.0	119120.0	75550.6
P149	33+575.000	19.911	331.88	0.00	6611.2	0.0	125731.2	75550.6
P150	33+600.000	25.000	330.09	0.00	8256.1	0.0	133987.3	75550.6
P151	33+625.000	25.000	330.68	0.00	8270.1	0.0	142257.4	75550.6
P152	33+650.000	25.000	330.65	0.00	8269.0	0.0	150526.4	75550.6
P153	33+675.000	25.000	330.94	0.00	8276.3	0.0	158802.7	75550.6
P154	33+700.000	25.000	319.48	0.00	7990.1	0.0	166792.8	75550.6
P155	33+725.000	25.000	304.58	0.00	7617.4	0.0	174410.2	75550.6
P156	33+750.000	25.000	290.42	0.00	7262.7	0.0	181672.9	75550.6
P157	33+775.000	25.000	271.39	0.00	6786.6	0.0	188459.5	75550.6
P158	33+800.000	25.000	248.22	0.00	6207.3	0.0	194666.8	75550.6
P159	33+825.000	25.000	219.79	0.00	5495.7	0.0	200162.6	75550.6
P160	33+850.000	25.000	182.04	0.00	4551.7	0.0	204714.2	75550.6
P161	33+875.000	25.000	138.53	0.00	3463.7	0.0	208177.9	75550.6
P162	33+900.000	25.000	106.40	0.00	2660.7	0.0	210838.6	75550.6
P163	33+925.000	25.000	78.53	0.00	1964.2	0.0	212802.8	75550.6
P164	33+950.000	25.000	53.68	0.00	1342.7	0.0	214145.4	75550.6
P165	33+975.000	25.000	26.31	0.00	658.5	0.0	214804.0	75550.6
P166	34+000.000	25.000	22.68	0.00	567.9	0.0	215371.9	75550.6
P167	34+025.000	25.000	10.40	0.00	260.6	0.0	215632.5	75550.6
P168	34+050.000	25.000	0.82	8.01	20.7	199.8	215653.2	75750.5
P169	34+075.000	25.000	0.00	29.84	0.0	745.6	215653.2	76496.1
P170	34+100.000	25.000	0.00	64.99	0.0	1624.5	215653.2	78120.6
P171	34+125.000	25.000	0.00	95.00	0.0	2374.2	215653.2	80494.8
P172	34+150.000	25.000	0.00	122.99	0.0	3073.0	215653.2	83567.9

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	34+175.000	25.000	0.00	135.86	0.0	3395.2	215653.2	86963.1
P174	34+200.000	25.000	0.00	150.05	0.0	3749.9	215653.2	90713.0
P175	34+225.000	25.000	0.00	172.81	0.0	4320.0	215653.2	95032.9
P176	34+250.000	25.000	0.00	175.07	0.0	4374.9	215653.2	99407.8
P177	34+275.000	25.000	0.00	192.98	0.0	4822.4	215653.2	104230.2
P178	34+300.000	25.000	0.00	202.32	0.0	5056.1	215653.2	109286.3
P179	34+325.000	25.000	0.00	211.74	0.0	5291.8	215653.2	114578.0
P180	34+350.000	25.000	0.00	223.45	0.0	5584.5	215653.2	120162.6
P181	34+375.000	25.000	0.00	232.03	0.0	5799.1	215653.2	125961.6
P182	34+400.000	25.000	0.00	234.90	0.0	5870.6	215653.2	131832.2
P183	34+425.000	25.000	0.00	232.26	0.0	5804.5	215653.2	137636.7
P184	34+450.000	25.000	0.00	224.50	0.0	5609.5	215653.2	143246.2
P185	34+475.000	25.000	0.00	218.98	0.0	5471.7	215653.2	148717.9
P186	34+500.000	17.989	0.00	211.08	0.0	3795.0	215653.2	152512.9
P187	34+510.977	12.500	0.00	205.76	0.0	2571.4	215653.2	155084.2
P188	34+525.000	19.511	0.00	198.93	0.0	3881.5	215653.2	158965.7
P189	34+550.000	25.000	0.00	186.34	0.0	4658.6	215653.2	163624.2
P190	34+575.000	25.000	0.00	172.57	0.0	4314.2	215653.2	167938.5
P191	34+600.000	25.000	0.00	156.23	0.0	3905.8	215653.2	171844.2
P192	34+625.000	25.000	0.00	137.38	0.0	3434.6	215653.2	175278.8
P193	34+650.000	25.000	0.00	117.13	0.0	2928.3	215653.2	178207.1
P194	34+675.000	25.000	0.00	94.95	0.0	2373.8	215653.2	180580.9
P195	34+700.000	25.000	0.00	72.76	0.0	1819.1	215653.2	182399.9
P196	34+725.000	23.830	0.00	50.68	0.0	1207.8	215653.2	183607.7
P197	34+747.659	12.500	0.00	39.66	0.0	495.7	215653.2	184103.4
P198	34+750.000	13.670	0.00	41.35	0.0	565.3	215653.2	184668.7
P199	34+775.000	25.000	0.25	18.95	6.2	473.7	215659.4	185142.4
P200	34+800.000	25.000	0.24	17.86	6.0	446.4	215665.4	185588.8
P201	34+825.000	25.000	0.16	18.42	4.1	460.4	215669.5	186049.3
P202	34+850.000	25.000	0.24	19.48	6.0	487.0	215675.5	186536.2
P203	34+875.000	25.000	0.00	34.17	0.0	854.1	215675.5	187390.4

P204	34+900.000	25.000	0.00	38.88	0.0	971.9	215675.5	188362.3
P205	34+925.000	25.000	0.00	35.29	0.0	882.3	215675.5	189244.6
P206	34+950.000	25.000	0.10	27.04	2.6	676.0	215678.1	189920.6
P207	34+975.000	16.167	0.46	17.59	7.4	284.4	215685.4	190205.0
P208	34+982.333	12.500	0.36	15.78	4.5	197.6	215690.0	190402.6
P209	35+000.000	21.333	0.24	18.23	5.0	389.5	215695.0	190792.1
P210	35+025.000	25.000	0.13	26.64	3.1	667.2	215698.1	191459.4
P211	35+050.000	25.000	0.03	32.54	0.7	815.1	215698.8	192274.5
P212	35+075.000	25.000	0.00	36.96	0.0	925.7	215698.8	193200.1
P213	35+100.000	25.000	0.00	39.20	0.0	981.7	215698.8	194181.8
P214	35+125.000	25.000	0.00	39.96	0.0	1000.7	215698.8	195182.6
P215	35+150.000	25.000	0.03	32.76	0.7	820.6	215699.6	196003.2
P216	35+175.000	25.000	0.30	23.34	7.5	585.0	215707.1	196588.2
P217	35+200.000	25.000	0.53	18.29	13.2	458.5	215720.3	197046.7
P218	35+225.000	25.000	1.13	14.57	28.0	365.6	215748.3	197412.2
P219	35+250.000	25.000	1.23	15.90	30.4	398.9	215778.7	197811.1
P220	35+275.000	25.000	0.06	35.81	1.4	897.6	215780.1	198708.7
P221	35+300.000	21.381	0.00	79.25	0.0	1696.6	215780.1	200405.3
P222	35+317.763	12.500	0.00	117.97	0.0	1475.0	215780.1	201880.3
P223	35+325.000	16.119	0.00	93.93	0.0	1514.2	215780.1	203394.5
P224	35+350.000	25.000	0.00	47.85	0.0	1195.2	215780.1	204589.8
P225	35+375.000	25.000	0.14	17.13	3.5	427.6	215783.5	205017.4
P226	35+400.000	25.000	8.04	0.00	201.4	0.0	215984.9	205017.4
P227	35+425.000	25.000	32.72	0.00	818.4	0.0	216803.4	205017.4
P228	35+450.000	25.000	58.36	0.00	1458.9	0.0	218262.3	205017.4
P229	35+475.000	25.000	106.32	0.00	2657.6	0.0	220919.9	205017.4
P230	35+500.000	20.667	170.76	0.00	3527.7	0.0	224447.5	205017.4
P231	35+516.333	12.500	207.20	0.00	2589.5	0.0	227037.0	205017.4
P232	35+525.000	16.833	226.35	0.00	3810.3	0.0	230847.3	205017.4
P233	35+550.000	25.000	265.44	0.00	6636.1	0.0	237483.4	205017.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P234	35+575.000	25.000	273.36	0.00	6834.0	0.0	244317.4	205017.4
P235	35+600.000	25.000	271.42	0.00	6785.5	0.0	251102.9	205017.4
P236	35+625.000	25.000	262.84	0.00	6571.0	0.0	257673.9	205017.4
P237	35+650.000	25.000	294.42	0.00	7360.6	0.0	265034.5	205017.4
P238	35+675.000	25.000	319.14	0.00	7978.4	0.0	273012.9	205017.4
P239	35+700.000	25.000	330.42	0.00	8260.6	0.0	281273.5	205017.4
P240	35+725.000	25.000	330.42	0.00	8260.6	0.0	289534.0	205017.4
P241	35+750.000	25.000	316.00	0.00	7900.0	0.0	297434.0	205017.4
P242	35+775.000	25.000	299.67	0.00	7491.7	0.0	304925.7	205017.4
P243	35+800.000	25.000	278.94	0.00	6973.5	0.0	311899.3	205017.4
P244	35+825.000	25.000	258.71	0.00	6467.8	0.0	318367.1	205017.4
P245	35+850.000	25.000	238.78	0.00	5969.5	0.0	324336.6	205017.4
P246	35+875.000	25.000	217.83	0.00	5445.8	0.0	329782.4	205017.4
P247	35+900.000	14.499	177.54	0.00	2574.2	0.0	332356.6	205017.4
P248	35+903.998	12.500	170.61	0.00	2131.9	0.0	334488.5	205017.4
P249	35+925.000	18.526	137.55	0.00	2546.9	0.0	337035.4	205017.4
P250	35+941.049	12.500	112.39	0.00	1404.4	0.0	338439.9	205017.4
P251	35+950.000	16.975	100.18	0.00	1700.5	0.0	340140.4	205017.4
P252	35+975.000	25.000	70.73	0.00	1768.2	0.0	341908.6	205017.4
P253	36+000.000	25.000	43.03	0.00	1075.6	0.0	342984.2	205017.4
P254	36+025.000	25.000	16.68	0.00	417.0	0.0	343401.2	205017.4
P255	36+050.000	25.000	1.69	13.02	42.2	325.4	343443.4	205342.8
P256	36+075.000	25.000	0.27	29.34	6.8	733.5	343450.2	206076.3
P257	36+100.000	25.000	0.00	44.17	0.0	1104.2	343450.2	207180.5
P258	36+125.000	25.000	0.00	64.07	0.0	1601.7	343450.2	208782.2
P259	36+150.000	25.000	0.00	87.11	0.0	2177.8	343450.2	210960.0
P260	36+175.000	22.803	0.00	123.98	0.0	2827.0	343450.2	213787.1
P261	36+195.606	12.500	0.00	157.91	0.0	1973.8	343450.2	215760.9
P262	36+200.000	14.697	0.00	160.43	0.0	2357.9	343450.2	218118.8
P263	36+225.000	25.000	0.00	170.76	0.0	4269.9	343450.2	222388.7
P264	36+250.000	25.000	0.00	170.38	0.0	4260.1	343450.2	226648.7

P265	36+275.000	25.000	0.00	175.52	0.0	4388.7	343450.2	231037.5
P266	36+300.000	25.000	0.00	180.43	0.0	4511.6	343450.2	235549.1
P267	36+325.000	25.000	0.00	184.34	0.0	4609.2	343450.2	240158.2
P268	36+350.000	25.000	0.00	183.05	0.0	4577.2	343450.2	244735.4
P269	36+375.000	25.000	0.00	180.61	0.0	4516.5	343450.2	249251.9
P270	36+400.000	25.000	0.00	175.91	0.0	4398.6	343450.2	253650.5
P271	36+425.000	25.000	0.00	174.45	0.0	4362.0	343450.2	258012.5
P272	36+450.000	25.000	0.00	173.51	0.0	4338.6	343450.2	262351.0
P273	36+475.000	25.000	0.00	173.74	0.0	4344.8	343450.2	266695.8
P274	36+500.000	25.000	0.00	171.92	0.0	4298.9	343450.2	270994.7
P275	36+525.000	25.000	0.00	168.22	0.0	4207.0	343450.2	275201.8
P276	36+550.000	25.000	0.00	166.93	0.0	4174.1	343450.2	279375.9
P277	36+575.000	14.992	0.00	154.46	0.0	2316.2	343450.2	281692.1
P278	36+579.984	9.068	0.00	151.66	0.0	1375.3	343450.2	283067.4
P279	36+593.135	10.008	0.00	153.18	0.0	1533.0	343450.2	284600.3
P280	36+600.000	15.932	0.00	156.98	0.0	2501.0	343450.2	287101.4
P281	36+625.000	25.000	0.00	155.42	0.0	3885.5	343450.2	290986.8
P282	36+650.000	25.000	0.00	153.47	0.0	3836.8	343450.2	294823.6
P283	36+675.000	25.000	0.00	149.95	0.0	3748.7	343450.2	298572.3
P284	36+700.000	25.000	0.00	146.96	0.0	3673.9	343450.2	302246.2
P285	36+725.000	25.000	0.00	140.71	0.0	3517.8	343450.2	305764.0
P286	36+750.000	25.000	0.00	136.06	0.0	3401.5	343450.2	309165.5
P287	36+775.000	25.000	0.00	131.11	0.0	3277.8	343450.2	312443.3
P288	36+800.000	25.000	0.00	126.64	0.0	3166.0	343450.2	315609.3
P289	36+825.000	25.000	0.00	133.68	0.0	3342.0	343450.2	318951.3
P290	36+850.000	25.000	0.00	147.40	0.0	3685.0	343450.2	322636.3
P291	36+875.000	25.000	0.00	149.88	0.0	3747.0	343450.2	326383.3
P292	36+900.000	25.000	0.00	144.07	0.0	3601.7	343450.2	329985.0
P293	36+925.000	25.000	0.00	135.19	0.0	3379.7	343450.2	333364.7
P294	36+950.000	25.000	0.00	124.31	0.0	3107.7	343450.2	336472.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P295	36+975.000	25.000	0.00	108.25	0.0	2706.3	343450.2	339178.7
P296	36+1000.000	25.000	0.00	103.68	0.0	2592.1	343450.2	341770.8
P297	37+025.000	25.000	0.00	99.36	0.0	2484.1	343450.2	344254.9
P298	37+050.000	25.000	0.00	94.59	0.0	2364.6	343450.2	346619.5
P299	37+075.000	25.000	0.00	88.91	0.0	2222.7	343450.2	348842.3
P300	37+100.000	25.000	0.00	88.54	0.0	2213.4	343450.2	351055.7
P301	37+125.000	25.000	0.00	83.91	0.0	2097.7	343450.2	353153.4
P302	37+150.000	25.000	0.00	82.83	0.0	2070.8	343450.2	355224.2
P303	37+175.000	25.000	0.00	78.84	0.0	1970.9	343450.2	357195.1
P304	37+200.000	25.000	0.00	71.67	0.0	1791.8	343450.2	358987.0
P305	37+225.000	25.000	0.00	64.86	0.0	1621.6	343450.2	360608.6
P306	37+250.000	25.000	0.00	59.85	0.0	1496.3	343450.2	362104.9
P307	37+275.000	25.000	0.00	55.66	0.0	1391.5	343450.2	363496.3
P308	37+300.000	25.000	0.00	51.62	0.0	1290.5	343450.2	364786.8
P309	37+325.000	25.000	0.00	47.97	0.0	1199.3	343450.2	365986.1
P310	37+350.000	25.000	0.00	46.12	0.0	1153.1	343450.2	367139.2
P311	37+375.000	25.000	0.00	46.20	0.0	1155.0	343450.2	368294.2
P312	37+400.000	25.000	0.00	48.43	0.0	1210.7	343450.2	369504.9
P313	37+425.000	25.000	0.00	48.97	0.0	1224.1	343450.2	370729.1
P314	37+450.000	25.000	0.00	50.38	0.0	1259.4	343450.2	371988.5
P315	37+475.000	25.000	0.00	54.85	0.0	1371.3	343450.2	373359.8
P316	37+500.000	25.000	0.00	59.04	0.0	1476.0	343450.2	374835.8
P317	37+525.000	25.000	0.00	68.06	0.0	1701.5	343450.2	376537.3
P318	37+550.000	25.000	0.00	68.53	0.0	1713.3	343450.2	378250.6
P319	37+575.000	25.000	0.00	75.68	0.0	1892.0	343450.2	380142.6
P320	37+600.000	25.000	0.00	82.76	0.0	2069.0	343450.2	382211.6
P321	37+625.000	25.000	0.00	87.82	0.0	2195.4	343450.2	384407.0
P322	37+650.000	25.000	0.00	91.71	0.0	2292.7	343450.2	386699.7
P323	37+675.000	25.000	0.00	90.83	0.0	2270.7	343450.2	388970.5
P324	37+700.000	25.000	0.00	89.17	0.0	2229.3	343450.2	391199.8
P325	37+725.000	25.000	0.00	87.06	0.0	2176.5	343450.2	393376.3

P326	37+750.000	25.000	0.00	83.54	0.0	2088.4	343450.2	395464.7
P327	37+775.000	25.000	0.00	77.91	0.0	1947.8	343450.2	397412.4
P328	37+800.000	25.000	0.00	76.05	0.0	1901.2	343450.2	399313.7
P329	37+825.000	16.170	0.00	70.27	0.0	1136.3	343450.2	400449.9
P330	37+832.340	12.500	0.00	65.16	0.0	814.5	343450.2	401264.4
P331	37+850.000	21.330	0.00	71.28	0.0	1520.4	343450.2	402784.8
P332	37+875.000	25.000	0.00	70.94	0.0	1773.5	343450.2	404558.3
P333	37+900.000	16.767	0.00	71.28	0.0	1195.2	343450.2	405753.5
P334	37+908.534	12.500	0.00	71.24	0.0	890.3	343450.2	406643.7
P335	37+925.000	20.733	0.00	71.15	0.0	1474.8	343450.2	408118.6
P336	37+950.000	25.000	0.00	68.88	0.0	1721.5	343450.2	409840.1
P337	37+975.000	25.000	0.00	67.40	0.0	1684.3	343450.2	411524.4
P338	37+1000.000	25.000	0.00	64.92	0.0	1622.2	343450.2	413146.6
P339	38+025.000	25.000	0.00	56.48	0.0	1411.0	343450.2	414557.6
P340	38+050.000	16.603	0.00	60.08	0.0	996.6	343450.2	415554.2
P341	38+058.206	12.500	0.00	61.61	0.0	769.5	343450.2	416323.7
P342	38+075.000	20.897	0.00	69.29	0.0	1447.7	343450.2	417771.4
P343	38+100.000	25.000	0.00	85.22	0.0	2128.5	343450.2	419899.9
P344	38+125.000	25.000	0.00	82.05	0.0	2050.0	343450.2	421949.8
P345	38+150.000	25.000	0.00	78.05	0.0	1950.0	343450.2	423899.9
P346	38+175.000	25.000	0.00	68.41	0.0	1709.0	343450.2	425608.9
P347	38+200.000	25.000	0.00	55.61	0.0	1388.9	343450.2	426997.8
P348	38+225.000	25.000	0.00	37.72	0.0	941.9	343450.2	427939.7
P349	38+250.000	25.000	0.39	18.04	9.9	450.0	343460.1	428389.7
P350	38+275.000	25.000	5.38	2.95	135.3	73.5	343595.4	428463.3
P351	38+300.000	25.000	20.17	0.00	506.0	0.0	344101.4	428463.3
P352	38+325.000	25.000	34.32	0.00	860.0	0.0	344961.4	428463.3
P353	38+350.000	25.000	47.98	0.00	1200.5	0.0	346161.9	428463.3
P354	38+375.000	25.000	80.03	0.00	2001.9	0.0	348163.8	428463.3
P355	38+400.000	25.000	126.75	0.00	3170.7	0.0	351334.5	428463.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P356	38+425.000	19.757	173.98	0.00	3439.7	0.0	354774.2	428463.3
P357	38+439.515	12.500	203.93	0.00	2550.1	0.0	357324.3	428463.3
P358	38+450.000	17.743	227.38	0.00	4034.3	0.0	361358.7	428463.3
P359	38+475.000	25.000	282.82	0.00	7070.6	0.0	368429.2	428463.3
P360	38+500.000	25.000	286.48	0.00	7162.0	0.0	375591.2	428463.3
P361	38+525.000	25.000	267.95	0.00	6698.8	0.0	382290.0	428463.3
P362	38+550.000	25.000	273.89	0.00	6847.3	0.0	389137.3	428463.3
P363	38+575.000	25.000	193.48	0.00	4836.9	0.0	393974.2	428463.3
P364	38+600.000	25.000	50.89	0.00	1272.4	0.0	395246.5	428463.3
P365	38+625.000	25.000	12.96	10.05	324.1	251.3	395570.6	428714.6
P366	38+650.000	25.000	1.05	22.25	26.1	556.2	395596.8	429270.8
P367	38+675.000	25.000	0.35	33.55	8.8	838.7	395605.5	430109.5
P368	38+700.000	25.000	0.12	42.12	3.0	1053.0	395608.5	431162.5
P369	38+725.000	17.423	0.13	41.59	2.2	724.7	395610.7	431887.2
P370	38+734.846	12.500	0.16	41.79	2.0	522.4	395612.8	432409.6
P371	38+750.000	20.077	0.13	35.59	2.6	714.5	395615.4	433124.1
P372	38+775.000	21.646	0.06	38.00	1.3	822.6	395616.7	433946.6
P373	38+793.292	12.500	0.00	58.29	0.0	728.6	395616.7	434675.2
P374	38+800.000	15.854	0.09	39.62	1.5	628.2	395618.2	435303.4
P375	38+825.000	25.000	0.49	31.17	12.2	779.3	395630.3	436082.7
P376	38+850.000	25.000	0.89	29.16	22.2	729.0	395652.5	436811.7
P377	38+875.000	25.000	0.19	37.06	4.8	926.6	395657.2	437738.2
P378	38+900.000	18.257	0.01	41.38	0.1	755.5	395657.4	438493.8
P379	38+911.514	12.500	0.07	40.85	0.8	510.6	395658.2	439004.4
P380	38+925.000	19.243	0.40	37.03	7.6	712.6	395665.9	439717.0
P381	38+950.000	25.000	0.26	35.87	6.6	896.8	395672.5	440613.8
P382	38+975.000	25.000	0.46	31.59	11.4	789.8	395683.9	441403.6
P383	39+000.000	25.000	0.88	26.14	22.0	653.4	395705.8	442057.0
P384	39+025.000	25.000	1.87	21.54	46.8	538.5	395752.6	442595.4
P385	39+050.000	25.000	2.68	15.87	67.0	396.7	395819.7	442992.1

P386	39+075.000	25.000	2.98	10.39	74.6	259.7	395894.2	443251.8
P387	39+100.000	25.000	2.21	6.25	55.2	156.2	395949.4	443408.0
P388	39+125.000	25.000	1.59	7.43	39.7	185.7	395989.1	443593.6
P389	39+150.000	25.000	1.37	8.26	34.1	206.5	396023.3	443800.2
P390	39+175.000	25.000	1.18	9.96	29.5	249.0	396052.8	444049.1
P391	39+200.000	20.418	0.79	8.80	16.2	179.7	396068.9	444228.9
P392	39+215.835	12.500	0.19	17.24	2.4	215.5	396071.3	444444.4
P393	39+225.000	17.082	0.42	19.91	7.0	340.9	396078.4	444785.3
P394	39+250.000	25.000	6.18	6.29	153.3	158.0	396231.7	444943.3
P395	39+275.000	25.000	21.48	0.00	534.8	0.0	396766.5	444943.3
P396	39+300.000	25.000	51.89	0.00	1293.2	0.0	398059.7	444943.3
P397	39+325.000	25.000	66.44	0.00	1658.4	0.0	399718.1	444943.3
P398	39+350.000	25.000	53.40	0.00	1334.6	0.0	401052.7	444943.3
P399	39+375.000	25.000	23.66	0.00	591.4	0.0	401644.1	444943.3
P400	39+400.000	25.000	10.03	0.00	250.2	0.0	401894.3	444943.3
P401	39+425.000	25.000	1.10	6.11	27.3	153.1	401921.6	445096.3
P402	39+450.000	25.000	0.01	22.51	0.1	563.3	401921.7	445659.7
P403	39+475.000	25.000	0.00	48.86	0.0	1222.2	401921.7	446881.9
P404	39+500.000	25.000	0.00	75.96	0.0	1899.9	401921.7	448781.8
P405	39+525.000	25.000	0.00	97.99	0.0	2451.2	401921.7	451233.0
P406	39+550.000	25.000	0.00	114.27	0.0	2858.8	401921.7	454091.8
P407	39+575.000	25.000	0.00	122.54	0.0	3065.3	401921.7	457157.1
P408	39+600.000	25.000	0.00	118.63	0.0	2967.5	401921.7	460124.7
P409	39+625.000	25.000	0.00	120.20	0.0	3007.0	401921.7	463131.6
P410	39+650.000	25.000	0.00	98.65	0.0	2469.3	401921.7	465600.9
P411	39+675.000	25.000	0.00	65.36	0.0	1637.3	401921.7	467238.2
P412	39+700.000	25.000	0.89	28.21	22.0	708.0	401943.7	467946.2
P413	39+725.000	25.000	22.79	1.08	566.4	27.2	402510.0	467973.4
P414	39+750.000	25.000	153.46	0.00	3822.3	0.0	406332.4	467973.4
P415	39+775.000	25.000	406.78	0.00	10142.1	0.0	416474.5	467973.4
P416	39+800.000	25.000	415.68	0.00	10378.3	0.0	426852.8	467973.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P417	39+825.000	25.000	270.53	0.00	6754.3	0.0	433607.1	467973.4
P418	39+850.000	25.000	152.48	0.00	3805.5	0.0	437412.6	467973.4
P419	39+875.000	25.000	84.15	0.00	2098.1	0.0	439510.7	467973.4
P420	39+900.000	25.000	29.19	2.67	726.2	67.2	440236.9	468040.7
P421	39+925.000	25.000	6.71	1.01	167.0	25.4	440403.9	468066.0
P422	39+950.000	25.000	1.04	12.10	25.8	303.5	440429.6	468369.6
P423	39+975.000	25.000	0.33	28.94	8.3	725.3	440437.9	469094.9
P424	39+1000.000	25.000	0.00	46.31	0.0	1159.8	440437.9	470254.7
P425	40+025.000	25.000	0.00	64.77	0.0	1621.3	440437.9	471876.0
P426	40+050.000	25.000	0.00	78.16	0.0	1955.8	440437.9	473831.9
P427	40+075.000	25.000	0.00	85.19	0.0	2131.3	440437.9	475963.1
P428	40+100.000	25.000	0.00	95.54	0.0	2389.3	440437.9	478352.5
P429	40+125.000	25.000	0.00	95.18	0.0	2379.5	440437.9	480732.0
P430	40+150.000	25.000	0.00	88.98	0.0	2224.2	440437.9	482956.2
P431	40+175.000	25.000	0.00	80.01	0.0	2000.1	440437.9	484956.3
P432	40+200.000	25.000	0.00	75.13	0.0	1877.9	440437.9	486834.2
P433	40+225.000	25.000	0.00	72.02	0.0	1800.2	440437.9	488634.4
P434	40+250.000	25.000	0.00	68.20	0.0	1705.5	440437.9	490339.9
P435	40+275.000	18.779	0.00	55.63	0.0	1045.1	440437.9	491385.0
P436	40+287.558	12.500	0.00	52.33	0.0	654.3	440437.9	492039.3
P437	40+300.000	18.721	0.00	50.50	0.0	945.4	440437.9	492984.7
P438	40+325.000	25.000	0.00	43.42	0.0	1085.4	440437.9	494070.2
P439	40+350.000	25.000	0.00	34.20	0.0	854.9	440437.9	494925.1
P440	40+375.000	25.000	0.00	26.75	0.0	668.7	440437.9	495593.7
P441	40+400.000	25.000	0.02	19.96	0.6	499.1	440438.5	496092.8
P442	40+425.000	25.000	0.50	9.54	12.5	238.6	440451.0	496331.4
P443	40+450.000	25.000	0.93	5.42	23.3	135.6	440474.3	496466.9
P444	40+475.000	25.000	7.96	0.00	199.1	0.0	440673.3	496466.9
P445	40+500.000	25.000	18.69	0.00	467.2	0.0	441140.6	496466.9
P446	40+525.000	25.000	30.53	0.00	763.1	0.0	441903.7	496466.9
P447	40+550.000	25.000	42.17	0.00	1054.2	0.0	442957.9	496466.9

P448	40+575.000	25.000	54.37	0.00	1359.3	0.0	444317.2	496466.9
P449	40+600.000	25.000	62.80	0.00	1570.0	0.0	445887.2	496466.9
P450	40+625.000	25.000	72.69	0.00	1817.2	0.0	447704.4	496466.9
P451	40+650.000	25.000	83.72	0.00	2093.1	0.0	449797.5	496466.9
P452	40+675.000	25.000	98.19	0.00	2454.7	0.0	452252.2	496466.9
P453	40+700.000	25.000	106.01	0.00	2650.2	0.0	454902.5	496466.9
P454	40+725.000	15.798	111.00	0.00	1753.6	0.0	456656.1	496466.9
P455	40+731.596	3.298	112.67	0.00	371.6	0.0	457027.6	496466.9

