République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Étude de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES-A.E.O, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 0+000 au PK 12+000 avec aménagement d'un échangeur au PK 2+390

Présenté par :
HADJ-RABAH Abderrahmane
HAMMOUCHE Nacer

Encadré par :
Mr GUENAIZI Abd El Hak

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

En achevant ce modeste travail, nous remercions Allah le tout puissant et source de toute connaissance.

La réalisation de Ce travail a été possible grâce à l'aide de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.

Nous aimerons dans un premier lieu remercié les personnes les plus chers,

*Nos familles « **HADJ-RABAH** » et « **HAMMOUCHE**»*

et surtout nos très chers parents pour leurs encouragements et leurs soutiens constants inconditionnel.

*Nos remerciements les plus sincères à notre encadreur « Mr **GUENAIZI Abd El Hak**» pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils judicieux, qui ont constitués un apport considérable avec lequel ce travail a pu être réalisé.*

Nos plus vifs remerciements à tous les enseignants qui nous ont enseignés, et qui par leurs compétences nous ont enrichis et soutenu pour arriver à ce stade-là, ainsi qu'aux membres de jury qui ont fait l'honneur d'évaluer ce modeste travail.

Enfin, nous remercions nos amis et collègues qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel, moral ou intellectuel tout au long de notre démarche aussi pour leurs encouragements qui ont été d'une grande aide.

À tous les intervenants de près ou de loin, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A nos chères mères :

Vous avez su porter pour nous les soins et consentir les efforts pour notre éducation. Aucune dédicace ne saurait exprimer tout le respect et l'amour que nous vous portons, vous nous avez toujours fait confiance. Veuillez trouver en ce travail la consolation et le témoin de la patience.

A nos chers pères :

Malgré les grandes responsabilités que vous assumez dans vos travaux ou autant que pères de familles, vous avez toujours été près de nous, pour nous écouter, nous soutenir, nous suivre et nous encourager. Puisse ce travail diminuer vos souffrances et vous porter bonheur.

A nos chers frères et sœur :

Nous vous réservons la plus grande partie de ce travail. Vous avez toujours été pour nous d'une aide précieuse. Nous vous remercions pour tous les bienfaits que chacun a pu faire pour nous.

A nos familles.

A tous nos amis et camarades de classe, puisse Dieu conserver notre amitié.

A tous ceux qui ont eu et qui ont confiance en nous.

Résumé

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes, il s'intitule «Étude de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES-A.E.O, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 0+000 au PK 12+000 avec aménagement d'un échangeur au PK 2+390 ».

Les études menées dans ce mémoire comptent :

Nous commençons par une présentation du projet pour montrer son emplacement et son importance. Cela étant, une étude de trafic a fait sortir le nombre de voies de l'autoroute.

Nous avons traite les trois éléments du projet (tracé en plan, profil en long et profil en travers) en respectant les normes du **l'ICTAAL**, en utilisant le logiciel COVADIS, ainsi une étude géotechnique qui nous a permis de classer les sols qui rencontrés et interprété leurs conditions d'utilisation

Puis dimensionné le corps de chaussée par la méthode catalogue Algérien, et pour l'étude hydraulique on s'est servi de la carte état major pour délimiter les bassins versants et faire sortir leurs caractéristiques géométriques.

On a présenté aussi la conception de l'échangeur selon l'ICTAAL ECHANGEUR ainsi que la signalisation et l'étude d'impact sur l'environnement.

A la fin, on a calculé le devis estimatif et quantitatif du projet, et on a finalisé ce modeste travail par une conclusion générale.

Mots clés : échangeur, Pénétrante autoroutière. Trace en plan. Profil en long. Corps de chausses ET. Etude géotechnique. Etude hydraulique

Abstract

Our end-of-study project falls within the field of transport infrastructure, and in particular roads, it is entitled "Study of the motorway link linking SIDI BEL ABBES-A.E.O, SAIDA over 120 km section from PK 0+000 to PK 12+000 with development of an interchange at PK 2+390".

The studies carried out in this dissertation include:

We start with a presentation of the project to show its location and importance. That being the case, a traffic study brought the lane count out of the freeway.

We have dealt with the three elements of the project (plan layout, longitudinal profile and cross section) respecting the standards of the ICTAAL, using the COVADIS software, as well as a geotechnical study which allowed us to classify the soils which encountered and interpreted their terms of use

Then dimensioned the pavement body by the Algerian catalog method, and for the hydraulic study we used the state major map to delimit the watersheds and bring out their geometric characteristics.

We also presented the design of the interchange according to the ICTAAL ECHANGEUR as well as the signage and the environmental impact study.

At the end, we calculated the estimated and quantitative estimate of the project, and we finalized this modest work with a general conclusion.

Keywords: interchange, motorway penetrating. Plan trace. Long profile. Pavement body. Geotechnical study.Hydraulic study

ملخص

يدخل مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا في مجال البنية التحتية للنقل وعلى وجه الخصوص الطرق وهو بعنوان "دراسة ربط الطريق السريع الذي يربط سيدي بلعباس-الطريق السريع شرق-غرب, سعيدة على طول 120 كم المقطع من ح.ك 0+000 الى ح.ك 12+000 مع تهيئة محول في ح.ك 2+390"

تشمل الدراسات التي أجريت في هذه الرسالة ما يلي:

نبدأ بعرض المشروع لإظهار موقعه وأهميته ثم دراسة حركة السير للطريق مع اخراج عدد الممرات في الطربق السريع.

قمنا بدراسة المقاطع الثلاثة للطريق يشمل ، رسم محور الطريق االفقي، المقطع الطولي، المقطع العرضي و ذلك مع احترام معايير ICTAAL باستعمال برنامج COVADIS

بالإضافة إلى دراسة جيوتقنية سمحت لنا بتصنيف التربة التي واجهتها وفسرتها شروط الاستخدام

ثم حددنا أبعاد جسم الرصف بطريقة الكتالوج الجزائري ، وبالنسبة للدراسة الهيدروليكية ، استخدمنا الخريطة الرئيسية للولاية لتحديد مستجمعات المياه وإبراز خصائصها الهندسية .

قدمنا ايضا تصميم للمحول مع احترام معايير ICTAAL ECHANGEUR

بالإضافة إلى اللافتات ودراسة التأثير البيئي.

في النهاية ، قمنا بحساب التقدير التقديري والكمي للمشروع ، وانتهينا من هذا العمل المتواضع باستنتاج عام

الكلمات المفتاحية :

المحول . الطريق السريع الاجتنابي . الطريق االفقي المقطع الطولي المقطع العرضي . جسم الرصيف . دراسة جيوتقنية. دراسة هيدروليكية

LISTE DES ABREVIATIONS

• **APD :** avant-projet détaillé.

• **BAU :** bande d'arrêt d'urgence.

• **BDD :** bande dérasée droite.

• **BDG :** bande dérasée gauche.

• **BB :** béton bitumineux.

• **C.B.R:** Californian-Bearing - Ratio.

• **CDF :** couche de forme.

• **CS :** couche de surface.

• **GB :** grave bitume.

• G**.N.T :** grave non traité.

• **SETRA :** Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.

• **GTR :** guide des terrassements routiers.

• **IP :** indice de plasticité.

• **ICTAAL :** instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.

• **LCPC :** Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

• **PK :** point kilométrique.

• **TN :** Terrains Naturel.

• **TPC :** terre-plein central.

• **T.J.M.A :** Trafic journalier moyen annuel.

• $\boldsymbol{PF_i}$: Classe de plateforme.

• $\boldsymbol{TPL_i}$: La classe de trafic de poids lourd.

• **U.V.P :** Unité de véhicule particulier.

• **VBS :** bleu de méthylène.

• **PS :** passage supérieur.

• **PI :** passage inférieur

Symboles :

• **PL :** poids lourds.

• **n :** nombre d'année.

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

• TC_i **:**trafic cumulé de poids lourds.

• $Teff$: trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).

• **Z :** pourcentage de poids lourds (%).

• **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd.

• **Q :** débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).

• **1/n :** coefficient de pointe.

• **K1 :** coefficient lié à l'environnement.

• **K2 :** coefficient de réduction de la capacité.

• **N :** nombre de voies.

• $Qadm$: débit admissible par voie.

• εz : déformation verticale.

• εt :déformation horizontale.

• Vb : vitesse de base (km/h).

• Rm :rayon minimal.

• Rnd : rayon non déversé.

• Rdn : rayon minimal au divers normal.

• $dmin$: dévers minimal.

• $dmax$: dévers maximal.

• **Imax, min :** déclivité maximale, minimale.

• **L :** Longueur de raccordement.

• Δ**d:** Variation des devers.

• **l :** largeur de la chaussée.

• wp: Limite de plasticité.

• wl : Limite de liquidité.

• Ip : L'indice de plasticité.

• **A :** facteur d'agressivité globale du trafic.

• **C :** facteur de cumul.

• Eeq : épaisseur équivalente.

• **BV :** bassin versant.

- $\boldsymbol{Hmax}$: altitude maximale (m).
- $\boldsymbol{Hmin}$: altitude minimale (m).
- $\boldsymbol{lc.e}$: longueur du thalweg (km).
- **I:** pente longitudinale du thalweg.
- **Tc :** temps de concentration.
- **L :** longueur du bassin (km).
- **I :** pente moyenne du Bassin Versant (m/m).
- **H :** différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- $\boldsymbol{Qa}$: débit d'apport.
- $\boldsymbol{Qs}$: débit de saturation.
- **It :** intensité de la pluie, mm/h.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INTRODUCTION ……02
II. MECANISMES DE RUPTURE ……02
III. LES CAUSES D'INSTABILITE DES PENTES ……02
IV. CALCULS DE STABILITE ……03
V. COMPORTEMENT DES SOLS FINS ET DES MASSIFS ARGILEUX EN PENTE ….04
VI. METHODES DE CALCUL DE STABILITE ……07
VII. METHODES DE CALCUL DE DEFORMATION DES TALUS ……07
VIII. TECHNIQUES DE CONFORTEMENT DES PENTES INSTABLES ……08
IX. CONCLUSION ……09

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I. INTRODUCTION ……10
II. OBJECTIFS DU PROJET ……10
III. PRESENTATION DU PROJET ……11
III.1 Présentation de la wilaya de Sidi bel Abbés ……11
III.2 Description De Tracé……11
IV. GEOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE GENERALE ……13
V. HYDROLOGIE GENERALE ……13
V.1 Climatologie Des Wilayas ……13
V.2 Pluviométrie et Température des wilayas……13
VI. CARACTERISTIQUES DE NOTRE PROJET ……13
VI.1 Catégorie De L'autoroute ……13
VI.2 Vitesse De Référence ……13

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

I. INTRODUCTION ……14
II. ANALYSE DU TRAFIC ……14
III. CALCUL DE LA CAPACITE……14
IV. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC ……15
V. APPLICATION DU PROJET ……17
VI. CONCLUSION ……18

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

I. INTRODUCTION……19

II. PARAMETRES GEOMETRIQUE DE CONCEPTION DU TRACE……19
II.1 Rayons De Courbure ……19
II.2 Alignements Droits ……19
II.3 Détermination Pratique Du Tracé En Plan ……..20
III. CONTRAINTES RENCONTREES LORS DE L'ELABORATION DE NOTRE TRACE……21
IV. RECOMMANDATIONS ET REGLES A SUIVRE VIS-A-VIS DE CES CONTRAINTES RENCONTREES……..21
V. ELEMENTS ET DESCRIPTION DU TRACE ……..……22
VI. RECAPITULATIF DES ELEMENTS GEOMETRIQUES RETENUS…..……22

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

I. INTRODUCTION ……23
II. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE ……23
III. ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG ……....……23
IV. DECLIVITE……24
IV.1 Déclivité Minimum ……..24
IV.2 Déclivité Maximum ……..24
V. LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG ……..…….24
VI. REDACTION DE PROFIL EN LONG ……26
VII. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG ……..26
VII.1 Détermination de la position du point de rencontre (S)……27
VII.2 Calculs De La Tangente ……27
VII.3 Projection Horizontale De La Longueur De Raccordement ……27
VII.4 Calcul De La Fleche ……27
VII.5 Calcul De La Fleche Et De L'altitude D'un Point Courant M Sur La Courbe ……27
VII.6 Calcul Des Cordonnées Du Sommet De La Courbe (T) ……...27
VII.7 Exemple De Calcul De Profil En Long……28
VIII. LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG ……29
IX. COORDINATION ENTRE TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LO……30

CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS

I. INTRODUCTION ……31
II. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS ……31
III. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS ……32
IV. DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS ……32
V. PENTE TRANSVERSALES AUTOROUTE ……33
VI. APPLICATION SUR NOTRE PROJET ……34

CHAPITRE VI : ETUDE GEOTECHNIQUE

I. INTRODUCTION ……35

II. METHODOLOGIE DE REALISATION DES ETUDES ……35

III. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES……..35

IV. LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE……..……36

IV.1. Essais au laboratoire ……...……36

IV.2 Essais In Situ ……..……37

V.CLASSIFICATION DES SOLS ……..……..38

V.1. Classification GTR ……...…….38

V.2. Classification du sol selon LCPC ……...……..40

VI. STABILITE DES TALUS ……..……..41

VI.1.ANALYSE DE LA STABILITE……..……41

VI1.2.ANALYSE DE STABILITE DU DEBLAI……..…….41

VI1.3.ANALYSE DE STABILITE DU REMBLAI……..…….44

VII.CONCLUSION ……..……..…45

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE

I. INTRODUCTION ……..…….46

II. DESCRIPTION DE LA METHODE PAR APPLICATION AU PROJET……46

III. CALCUL DES DEFORMATIONS ADMISSIBLES…….51

IV. CONCLUSION ……...……..55

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

I. INTRODUCTION ……..……..56

II. OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT ……..…….……..56

III. ETUDE HYDROLOGIQUE ……...…….……56

III.1. Délimitation Des Bassins Versants ……..……57

III.2. Caractéristiques Physiques Des Bassins Versants ……..…..……57

IV. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT ……..58

IV.1. Estimation des débits de crues ……..…..58

IV.2. Débits d'apports ……58

IV.3. Temps de concentration ……..……..…58

IV.4. Coefficient de ruissellement ……..….59

IV.5. Intensité de pluie I(t) ……..…..60

IV.6. Résultats de calcul des débits de notre projet ……..……62

IV.7. Estimation des débits de saturation Qs……..……..…..62

IV.8. Dimensionnement des buses ……..……..……..63

IV.9. Détermination des dimensions du dalot ……..……64

IV.10. Résultat récapitulatif de dimensionnement des ouvrages hydrauliques …….65

V. SYSTEME DE DRAINAGE LONGITUDINAL……..……65

V.1. Estimation des débits d'apport ……65
V.2. Coefficient de ruissellement ……..…..66
V.3. Calcul du débit de saturation ……..…….67
V.4. Calcul de la hauteur h ……..….68

CHAPITRE IX : LES CUBATURES

I. INTRODUCTION ……...…….69
II. DEFINITION DES CUBATURES ……..…..….69
III. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES ……69
IV. DESCRIPTION DE LA METHODE ……69

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

I. INTRODUCTION ……..…..….71
II. ROLE DE L'ECHANGEUR ……..…..….71
III. LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR ……..…..….71
IV. TYPES D'ECHANGEUR ……..…..….71
IV.1 Echangeur Majeur ……72
IV.2 Echangeur Mineur ……72
V. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR……73
VI. APPLICATION A NOTRE PROJET ……74
VII. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES ……..…….75
VII.1 Tracé des bretelles ……..……75
VII.2 Enchainement des éléments du tracé en plan ……..……..…75
VII.3 Raccordements progressifs ……..…….75
VII.4 Zones d'accélération et de décélération ……..……75
VIII. CONCEPTION PLANE DE NOTRE ECHANGEUR ……77

CHAPITRE XI : OUVRAGES D'ARTS

I. INTRODUCTION ……..….78
II. CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS ……...…….78
III. GABARIT A RESERVER ……..…….78
IV. PRESENTATION DES OUVRAGES ……...…….78
V. CONCEPTION PRIMAIRE ……...…….79
VI. LES VARIANTES RETENUES……..…….80

CHAPITRE XII : SIGNALISATION

I. INTRODUCTION ……..……81
II. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ……...……81
III. CATEGORIES DE LA SIGNALISATION ……81
IV. LES SEPT PRINCIPES FONDAMENTAUX D'UNE SIGNALISATION EFFICACE….81

V. **REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION** ……..…81
VI. **TYPES DE SIGNALISATION** ……..…82
VI.1 Signalisation Verticale ……82
VI.2 Signalisation horizontale ……83
VII **APPLICATION AU PROJET** ……..…….83

CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

I. **INTRODUCTION** ……..…….85
II. **OBJECTIFS DE L'ETUDE** ……..……85
III. **IMPACTS NEGATIFS DU PROJET** ……..……85
III.1 Impacts Sur La Nature ……..……85
IV. **CONCLUSION**……..……86

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF……87

CONCLUSION GENERALE……89

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

Liste Des Tableaux

CHAPITRE II ETUDE DU TRAFIC

Tableau 1 :Coefficient d'équivalence « P » (norme B40)

Tableau 2 :Coefficient « K1 » (norme B40)

Tableau 3 :Coefficient « K2 » (norme B40)

Tableau 4 :Valeur de la capacité théorique (norme B40)

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

Tableau 1 :caractéristique géométrique du tracé en plan

Tableau 2 : Coordonnées des sommets à calculer.

Tableau 3:Description géométrique du tracé en plan

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

Tableau 1 : caractéristique géométrique du profil en long

Tableau 2 : Les donnes de l'axe à calculer

Tableau 3: éléments géométrique du profil en long

CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS

Tableau 1 : Les éléments de profils en travers

CHAPITRE VI : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau. 1résultats de sondage carotté

Tableau. 2 les essais effectués sur les échantillons et les normes

Tableau. 3localisation des puis de reconnaissances

Tableau. 4. Les essais physiques

Tableau. 5. Les essais mécaniques

Tableau. 6. Tableau de classification GTR

Tableau. 7. Classification selon état hydrique

Tableau. 8. Classification LCPC

Tableau. 9caractéristique géotechnique de déblai

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE

Tableau 1: les températures équivalentes

Tableau 2 : portance du sol en fonction du CBR

Tableau 3 : Comparaison des déformations admissibles (Varainte1)

Tableau 4: Comparaison des déformations admissibles (Variante2)

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

Tableau. 1 Caractéristiques morpho-métriques des bassins versants.

Tableau. 2Valeurs du paramètre de montana « a »

Tableau. 3Débits max des bassins versants pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans

Tableau. 4Tableau Récapitulatif De Dimensionnement Des ouvrages hydrauliques

Tableau 5. Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée
Tableau 6. Tableau récapitulatif des résultats des débits

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Tableau 1 valeur limite de rayons de brettele

CHAPITRE XI : OUVRAGES D'ARTS

Tableau 1 : Ouvrages de franchissement de notre tronçon
Tableau 2 : Propositions retenues

Liste Des Figures

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

Figure1 : Localisation Du Projet
Figure 2 : Situation géographique de la wilaya de sidi bel Abbes et la wilaya de saida
Figure 3 : Decoupage administratif de la wilaya de de sidi bel abbes et la wilaya de saida

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

Figure 1 : Paramètres de raccordement par arc.

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

Figure 1 : Eléments géométriques du profil en long.
Figure 2 : Schéma de l'élément à calculer
Figure 3 : Schéma illustratif d'un rayon concave

CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS

Figure 1: Eléments constructifs du profil en travers
Figure 2 : Détail type de plateforme en remblai

CHAPITRE VI : ETUDE GEOTECHNIQUE

Figure 1. Relief de terrain
Figure 2. Abaque de la classification GTR
Figure 3. Diagramme de CASAGRANDE
Figure 4 resultat logiciel cas statique deblai
Figure 5 résultats logiciel cas dynamique déblai
Figure 6 résultat logiciel cas statique remblai
Figure 7 résultat logiciel cas dynamique remblai

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE

Figure 1 : la carte climatique de l'Algérie
Figure 2: les classes du TPL
Figure 3 : valeurs du coefficient d'agressivité
Figure 4 : portance du sol en fonction du CBR
Figure 5 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue
Figure 6 : Structure du corps de chaussée par la méthode du catalogue algérien
Figure 7 : Structure du corps de chaussée par la supposition
Figure 8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.
Figure 9 : valeurs de t=ƒ(r%)
Figure 10 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) Variant1
Figure 11 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) Variant2

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

Figure 1 capture d'écran de la carte d'état-major et notre tracé
Figure 2. Caractéristiques d'une buse
Figure 3. Caractéristiques d'un dalot
Figure 4 Caractéristique d'une fosse

CHAPITRE IX : LES CUBATURES

Figure 1 : Les sections d’un profil en travers
Figure 2 : Les sections d’un profil en long

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L’ECHANGEUR

Figure 1 différente type d'échangeur
Figure 2 Trèfle complet
Figure 3 Echangeur de trompette
Figure 4 Losange
Figure 5 Demi -trèfle
Figure 6 Dispositif de sortie de autoroute
Figure 7 Dispositif d'entre a l'autoroute
Figure 8 conception plane de l'échangeur

CHAPITRE XII : SIGNALISATION

Figure 1 signialisation de danger type A
Figure 2 Signaux de prescription
Figure 3 Fleche de signalisation
Figure 4 lignes longitudinales
Figure 5 signalisations dans notre projet
Figure 6 panneaux de direction

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

Le besoin de sensibilité d'un projet routier découle de la nécessité de répondre aux exigences de sécurité, de confort des utilisateurs et d'une bonne fluidité de la circulation, tout en évitant les coûts excessifs de construction et d'entretien. La problématique initiale à l'origine de tout projet routier est la carence ou la saturation des réseaux existants.

Afin de mettre en pratique les compétences techniques acquises tout au long de leur cursus de formation, l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics propose aux étudiants ingénieurs de réaliser des Projets de Fin d'Études en vue d'obtenir leur diplôme d'ingénieur d'État en travaux publics.

L'infrastructure routière occupe une place cruciale parmi les différents domaines des Travaux Publics. Elle revêt une importance particulière dans notre pays, car elle joue un rôle clé dans la réalisation des objectifs de mobilité, de sécurité et de durabilité des infrastructures. De plus, elle constitue un facteur essentiel pour stimuler le développement économique.

Dans ce contexte, notre Projet de Fin d'Études consistera en une étude approfondie en Avant-Projet Détaillé portant sur un tronçon de **12 km** de la liaison autoroutière entre **Sid bel abbés** et **Saida,** incluant la conception d'un échangeur.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INTRODUCTION :

Les géotechniciens, qu'ils soient praticiens ou chercheurs, sont préoccupés par la stabilité des ouvrages en terre tels que les déblais, les remblais et les digues, ainsi que des pentes naturelles. Les ruptures de ces pentes entraînent souvent des désordres spectaculaires, destructeurs et parfois mortels. Plusieurs méthodes de calcul de stabilité ont été proposées, chacune reposant sur des hypothèses différentes formulées par leurs auteurs, comme les méthodes de calcul en équilibre limite, les méthodes de calcul à la rupture ou les méthodes de calcul en déformations. Elles diffèrent également par la facilité de leur utilisation, qu'il s'agisse de calculs manuels à l'aide d'abaques ou de calculs automatisés à l'aide de logiciels. Cependant, toutes ces méthodes s'accordent pour définir un coefficient de sécurité global qui permet d'évaluer si la stabilité de la pente étudiée est assurée ou compromise. Elles peuvent également utiliser des coefficients de sécurité partiels pour prendre en compte à la fois les charges appliquées et les propriétés mécaniques des sols. Par ailleurs, différentes techniques de renforcement des pentes ont été développées, qui varient en fonction du procédé de construction utilisé, de leur coût et de leur durabilité.

Dans cette communication, nous examinerons les méthodes d'analyse de stabilité et de renforcement utilisées actuellement pour évaluer et améliorer la stabilité des pentes naturelles ou artificielles instables lors de la conception de projets.

II. MECANISMES DE RUPTURE :

Les mécanismes de rupture des talus de remblais, des excavations et des pentes naturelles dépendent de la forme de la surface de rupture observée ou supposée, telle qu'un plan, une droite, une calotte sphérique, un arc de cercle, un arc de spirale logarithmique, etc. Il peut également exister d'autres mécanismes de rupture, tels que la plastification et l'écoulement d'une partie de la masse de sol, tels que le poinçonnement dans le cas des remblais sur des sols compressibles, les coulées boueuses et le fluage dans la masse des versants, etc.

Dans la pratique courante, les calculs sont généralement effectués en supposant un mode de rupture plane pour les glissements plans ou cylindrique pour les glissements rotationnels. Les glissements plans se produisent lorsque la masse de sol se déplace par cisaillement et translation le long d'un plan incliné plus ou moins régulier, où les déformations sont très petites et très localisées au niveau de la surface de rupture. Les glissements rotationnels simples se manifestent par un basculement de la masse le long d'une surface, soit en surface (glissements superficiels) soit en profondeur (glissements profonds), dans un milieu homogène et isotrope. Les glissements rotationnels complexes sont le résultat de l'emboîtement de glissements rotationnels simples les uns dans les autres, avec une surface de rupture globale qui n'est pas circulaire. Ces glissements complexes, tels que les glissements en escaliers, les glissements épicycloïdaux et les glissements régressifs, se produisent généralement dans des milieux hétérogènes et anisotropes.

III. LES CAUSES D'INSTABILITE DES PENTES :

Les instabilités peuvent avoir plusieurs causes. Elles peuvent être causées par une augmentation des charges exercées sur le sol (surcharge, suppression de la butée de pied, déboisement, séisme et vibrations), ou par des changements dans les caractéristiques mécaniques (perte de résistance due au remaniement) ou hydrauliques (apparition d'un

écoulement d'eau, comme les eaux pluviales, la fonte des neiges, les eaux de ruissellement, etc. ; vidange rapide d'une digue en terre) du terrain.

IV. CALCULS DE STABILITE :

En général, l'analyse de la stabilité des pentes est réalisée en utilisant la méthode des tranches, qui considère la rupture comme point de référence. Cette méthode permet d'évaluer, à travers le coefficient de sécurité, l'état d'équilibre de la pente étudiée par rapport à l'équilibre limite. La formule du coefficient de sécurité varie en fonction de la nature de la rupture, qu'elle soit plane, circulaire ou autre. Dans tous les cas, les calculs de stabilité sont effectués en prenant en compte les contraintes totales à court terme et/ou les contraintes effectives à long terme. La précision des calculs dépendra de la qualité de détermination des paramètres de cisaillement, ainsi que des outils de calcul utilisés.

IV.1 Définition du coefficient de sécurité :

Le coefficient de sécurité F est défini par l'expression suivante :

$$F = \frac{\tau_{max}}{\tau}$$

dans laquelle τ_{max} désigne la résistance au cisaillement du sol intéressé par le glissement et t la contrainte de cisaillement effectivement mobilisée le long de la courbe de rupture (si F>1, il n'y a pas rupture ; si F<1, il y a rupture ; si F=1, il y a équilibre limite).

IV.2 Cas des ruptures planes (glissements plans)

Ce type de rupture se produit lorsque le sol est composé de plusieurs couches ayant des caractéristiques physico-chimiques et mécaniques très différentes, ou lorsque la longueur de la surface de glissement potentielle est considérable par rapport à l'épaisseur du sol. Le coefficient de sécurité est calculé selon l'expression suivante :

$$F = \frac{c`L + (W\cos\alpha - U)\tan\varphi`}{W\sin\alpha}$$

Dans laquelle **L** désigne la longueur du talus, τ sa pente, W le poids des terres en mouvement, U la résultante des pressions interstitielles éventuelles, c' la cohésion effective et $\varphi`$ l'angle de frottement interne effectif.

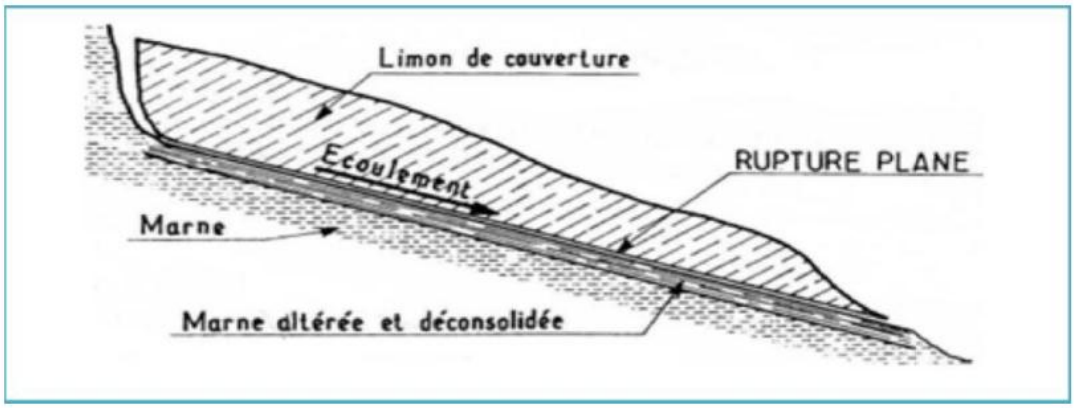


Figure 1 : représentation de ruptures planes (glissements plans)

IV.3 Cas des ruptures circulaires (glissements circulaires) :

Ce type de rupture est rencontré lorsque le massif est homogène. Deux méthodes de calcul permettent de traiter ce problème :

- **La méthode de Fellenius :**

Dans laquelle on admet que les forces externes inter-tranches sont égales. D'où l'expression suivante du coefficient de sécurité :

$$F_{\text{Fellenius}} = \frac{\sum[c`b + (\cos^2 \alpha - ub) \tan \varphi`]/\cos \alpha}{\sum w \sin \alpha}$$

- **La méthode de Bishop :**

Dans laquelle on admet que seules les composantes horizontales des forces externes inter-tranches s'équilibrent. D'où l'expression suivante du coefficient de sécurité :

$$F_{\text{Bishop}} = \frac{\sum[c`b + (W - ub) \tan \varphi`]/(\cos \alpha + \sin \alpha \tan \varphi`/F_{\text{Fellenius}})}{\sum w \sin \alpha}$$

IV.4 Cas des ruptures quelconques (glissements non circulaires) :

Ce type de rupture survient lorsque des variations significatives sont présentes. Pour résoudre ce problème, la méthode des perturbations est utilisée, où l'on considère que la contrainte normale n'est pas constante le long de la courbe de rupture, contrairement aux deux méthodes précédentes.

Cette méthode, qui est globale et applicable à n'importe quelle courbe de rupture envisagée, repose sur la résolution des équations de l'équilibre statique avec ajustement automatique de la distribution de la contrainte normale obtenue par perturbation de la contrainte normale de Fellenius le long de la courbe de rupture.

V. COMPORTEMENT DES SOLS FINS ET DES MASSIFS ARGILEUX EN PENTE :

La reconnaissance géologique et géotechnique d'un sol en pente consiste d'abord à localiser les différentes couches qui le composent et à en déterminer la configuration générale. Les sondages sont réalisés à la périphérie de la zone de glissement, à l'intérieur de la masse de sol glissée ainsi qu'à proximité immédiate de la zone stable (le nombre et l'emplacement des sondages sont déterminés après une étude géologique préliminaire). Les types de sondages dépendent des types de sols rencontrés et des caractéristiques géotechniques recherchées : des sondages à la tarière sont utilisés pour prélever des échantillons remaniés suffisants pour les analyses, tandis que des sondages carottés sont nécessaires pour déterminer les paramètres mécaniques.

La reconnaissance géotechnique vise ensuite à obtenir des informations sur les caractéristiques physico-chimiques et minéralogiques des sols constituant le massif, ainsi que leurs caractéristiques mécaniques et hydrauliques, qui sont primordiales (notamment les paramètres de résistance au cisaillement tels que la cohésion et l'angle de frottement). Ces

informations sont obtenues à partir d'essais in-situ (comme les essais pénétrométriques, scissométriques et pressiométriques) et d'essais en laboratoire (comme les essais de cisaillement direct à la boîte de Casagrande et les essais de cisaillement à l'appareil triaxial).

Les études réalisées en laboratoire et sur le terrain montrent que le mécanisme de rupture par cisaillement des sols fins dépend non seulement de l'intensité des forces appliquées et de la manière dont elles sont appliquées, mais aussi des conditions de drainage de l'eau interstitielle. Le cisaillement drainé, qui caractérise le comportement à long terme, est accompagné de déformations entraînant une densification du sol dans la zone normalement consolidée, ce qui augmente sa cohésion réelle. Le cisaillement non drainé, typique du comportement à court terme, entraîne le développement de fortes surpressions interstitielles, une réduction importante de la contrainte normale effective et de la résistance au frottement des particules solides.

La rupture du sol est déterminée par le moment où elle se produit et par la résistance aux sollicitations qui lui sont appliquées. Cette résistance est communément appelée "résistance au cisaillement" et caractérise la position correspondant au point limite ou au point critique en fonction des chemins de contraintes ou de déformations suivis, qu'ils se situent dans la zone surconsolidée ou normalement consolidée.

V.1 Paramètres de résistance au cisaillement :

La résistance au cisaillement des sols dépend non seulement de leur état de consolidation, mais également des chemins de sollicitation lors du processus de cisaillement. La Figure illustre différents chemins de contraintes qui peuvent être suivis lors d'essais triaxiaux (a/chemins isotropes ; b/chemins radiaux avec un rapport de contrainte radiale et axiale constant ; c/chemins avec une contrainte radiale constante ; d/chemins avec une contrainte axiale constante). Par conséquent, il n'existe pas une unique résistance au cisaillement pour un sol donné, mais une multitude de résistances au cisaillement qui dépendent du chemin de contraintes effectives suivi.

Dans la pratique, la rupture d'un échantillon de sol est évaluée en se basant sur la courbe de cisaillement, qui représente la variation de la sollicitation appliquée (déviateur des contraintes dans le cas des essais triaxiaux, contrainte de cisaillement dans le cas des essais à la boîte de Casagrande) en fonction de la déformation correspondante (déformation axiale de l'échantillon triaxial, déplacement de la boîte de cisaillement).

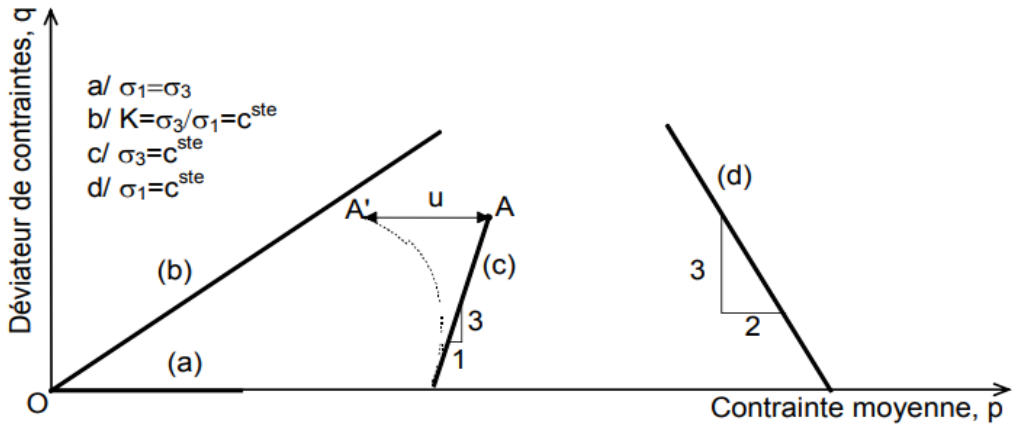


Figure 2 : Chemins de contraintes suivis au cours des essais triaxiaux.

La courbe de cisaillement peut présenter l'une des deux configurations schématisées sur la figure, en fonction de la nature du sol étudié et de son état de densification (pour les sables) ou de structuration (pour les argiles). La courbe (I), typique d'un sable dense ou d'une argile surconsolidée, montre un pic de résistance $\boldsymbol{\tau_{max}}$ correspondant à l'état de rupture. Au-delà de la déformation ε1, la déformation continue à augmenter tandis que la sollicitation appliquée diminue ou reste constante. La courbe (II), caractéristique d'un sable lâche ou d'une argile normalement consolidée, présente une tendance asymptotique. La rupture est arbitrairement définie à une valeur ultime $\boldsymbol{\tau_{ult}}$correspondant à la déformation ε2, au-delà de laquelle le comportement de la structure devient incompatible avec son objectif (généralement, ε2 est fixé à 20%).

Les paramètres de résistance au cisaillement (cohésion c et angle de frottement φ) sont déterminés, pour un sol donné, à partir de la droite de Mohr-Coulomb qui représente l'évolution de la résistance au cisaillement critique en fonction de la contrainte normale appliquée (voir figure).

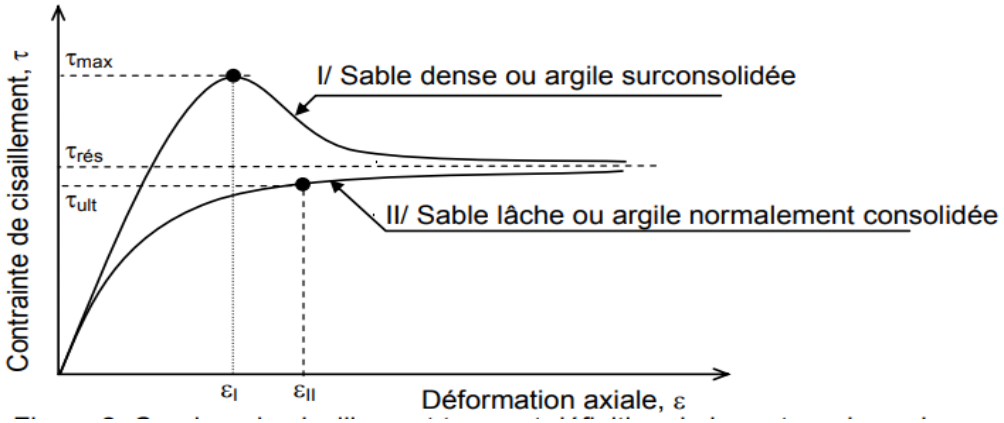


Figure 3 : Courbes de cisaillement types et définition de la rupture des sols.

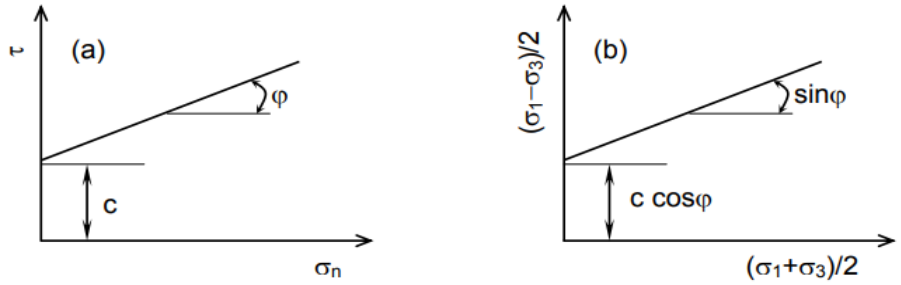


Figure 4: Définition des paramètres de résistance au cisaillement des sols à partir des résultats d'essais de cisaillement direct à la boîte de Casagrande (a) ou d'essais de cisaillement à l'appareil triaxial (b).

V.2 Comportement avant la rupture :

Les principes d'état limite et d'état critique sont des concepts fondamentaux utilisés pour étudier le comportement des sols fins, en particulier des argiles molles (Roscoe et al., 1958, 1963). L'état limite est déterminé par une surface de charge, appelée surface d'état limite, qui sépare les zones de l'espace des contraintes principales correspondant aux déformations réversibles et irréversibles. L'état critique, quant à lui, est défini comme l'état où se produisent

uniquement des déformations plastiques déviatoires dans le sol. Il est associé à l'existence d'un "indice des vides critique" (une extension de la notion de densité critique), atteint lorsque des déformations plastiques de cisaillement se développent sans changement de volume ni de contraintes.

Initialement, les concepts d'état limite et d'état critique étaient conçus pour s'appliquer exclusivement aux argiles normalement consolidées et isotropes (appelées argiles idéales). Cependant, des recherches ultérieures ont démontré que les principes sous-jacents à ces concepts sont qualitativement applicables aux argiles naturelles, y compris celles qui sont surconsolidées et anisotropes (Tavenas et Leroueil, 1979 ; Magnan et al., 1982 ; Khemissa et al., 1993, etc.).

VI. METHODES DE CALCUL DE STABILITE :

Le dimensionnement des ouvrages en terre et l'analyse de la stabilité des pentes naturelles sont généralement réalisés à l'aide de la méthode des tranches. Cette méthode consiste à découper le talus en tranches verticales et à résoudre les forces d'équilibre appliquées dans un système hyperstatique. Différentes variantes de la méthode des tranches, avec des hypothèses de résolution simplifiées, peuvent être utilisées selon qu'il s'agit d'une surface de rupture circulaire (méthodes de Fellenius, Taylor, Bishop, Caquot-Biarez) ou d'une forme quelconque (méthodes de Janbu, Morgenstern-Price, Spencer et méthode des perturbations).

La méthode des tranches fournit une estimation de l'état d'équilibre du talus par rapport à l'équilibre limite en utilisant un coefficient de sécurité. Ce coefficient de sécurité est déterminé en comparant la résistance au cisaillement critique à la contrainte de cisaillement appliquée le long de la surface de rupture. Son expression varie en fonction du type de rupture envisagé : plane, circulaire ou quelconque. Dans tous les cas, les calculs de stabilité sont effectués en utilisant des contraintes totales à court terme (pour les remblais) et des contraintes effectives à long terme (pour les pentes naturelles).

La précision des calculs dépend de la qualité des paramètres de résistance au cisaillement des sols déterminés, ainsi que des méthodes de calcul utilisées. Le coefficient de sécurité peut être obtenu à l'aide de diagrammes pour des configurations simples ou des étapes préliminaires de conception (comme les abaques de Taylor), ou à l'aide de logiciels pour des configurations plus complexes (tels que PETAL-LCPC, PROSPER-LCPC, etc.).

VII. METHODES DE CALCUL DE DEFORMATION DES TALUS

Les remblais et les pentes naturelles peuvent subir des déformations et des tassements différés qui évoluent soit vers un nouvel état d'équilibre, soit vers la rupture. Pour les remblais, différents méthodes de calcul peuvent être utilisées. On peut effectuer des calculs en utilisant la méthode œdométrique, des abaques ou des programmes de calcul sur ordinateur tels que **CONMULT-LCPC, CESAR-LCPC**, etc. On peut également extrapoler les mesures réalisées sur un remblai d'essai ou sur un autre ouvrage en terre voisin.

En ce qui concerne les pentes naturelles, les calculs basés sur les déformations ne sont pas réalisés. Cela est dû au fait qu'il est difficile de définir précisément leur géométrie, que la loi de comportement des sols constitutifs n'est pas encore connue, et que l'état initial des

contraintes nécessaire pour effectuer des calculs élastoplastiques est inconnu. Par conséquent, les méthodes de calcul traditionnelles basées sur les déformations ne peuvent pas être appliquées aux pentes naturelles.

VIII. TECHNIQUES DE CONFORTEMENT DES PENTES INSTABLES :

Il existe de nombreux dispositifs utilisés pour renforcer les pentes instables ou les prévenir en cas de travaux. Ces dispositifs peuvent être classés en deux catégories principales: Géométriques et hydrauliques.

Les solutions géométriques impliquent des modifications de la forme de la pente, telles que la modification de l'inclinaison ou la réduction de la hauteur. Les solutions hydrauliques incluent des techniques telles que l'abaissement de la nappe phréatique et le drainage.

D'autres techniques peuvent également être utilisées, telles que le boisement des pentes, la mise en place de renforts en pied de talus (berges), l'utilisation de pieux ou de barrettes ancrées dans le sol, et le soutènement à l'aide de murs en gabions, de murs en béton armé ou de palplanches métalliques.

Le choix de la solution appropriée dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature du talus (naturel ou artificiel), sa géométrie (pente, longueur, profondeur), la composition du sol (compact ou meuble) et les conditions hydrauliques existantes (niveau de la nappe phréatique). Parmi les options techniquement viables, la solution la moins coûteuse et la plus facile à mettre en œuvre est généralement privilégiée.

Un exemple concret de confortement de pente instable est illustré dans la figure 8, qui montre l'utilisation de pieux en béton armé de 80 cm de diamètre et de 22 m de long disposés au milieu de la pente pour stabiliser le versant instable de Sidi-Ahmed (Béjaïa).

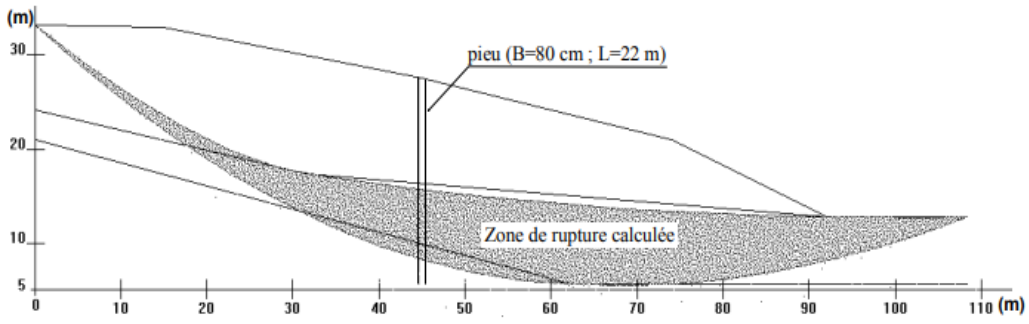


Figure 5 : Confortement du versant instable de Sidi-Ahmed (Béjaïa) à l'aide de pieux disposés en milieu de pente

IX. CONCLUSION :

Le comportement des pentes naturelles et des ouvrages en terre a été l'objet de nombreux développements au cours des dernières décennies. De nos jours, l'analyse de la stabilité et les techniques de stabilisation sont de plus en plus couramment utilisées, couvrant divers aspects allant de la reconnaissance préliminaire du terrain aux mesures de contrôle. Cela comprend également les essais sur le terrain et en laboratoire, les calculs de stabilité et le choix des méthodes de renforcement pour les pentes instables.

La phase de reconnaissance géologique et géotechnique permet de localiser la surface de rupture potentielle du talus étudié, d'en comprendre la forme et d'expliquer les mécanismes de rupture ainsi que les causes probables d'instabilité. Elle permet également de déterminer les paramètres de résistance au cisaillement du sol en mouvement et son comportement avant la rupture.

Dans la pratique courante, les calculs de stabilité se font en utilisant l'une des variantes de la méthode des tranches, qui est largement éprouvée et reconnue pour son efficacité et sa fiabilité. L'objectif principal est de déterminer le coefficient de sécurité et de conclure sur la stabilité ou l'instabilité de la pente étudiée. Si la stabilité n'est pas garantie, il est nécessaire de renforcer la pente pour prévenir tout glissement éventuel ou limiter son évolution dans le temps.

Il existe de nombreuses techniques de renforcement disponibles, et le choix se fera en fonction de considérations techniques et économiques. L'objectif est de sélectionner la méthode de confortement qui est techniquement réalisable et économiquement viable pour résoudre le problème spécifique de la pente instable.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I. INTRODUCTION :

La liaison autoroutière reliant Sidi bel abbés à Saida s'inscrit dans l'une des orientations importantes du plan national d'aménagement du territoire Sud national qui retient des efforts importants visant le développement des hauts plateaux. Elle constituerait une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre Sidi bel abbés et Saida et les régions des hauts plateaux et autres régions couvertes par l'autoroute est-ouest.



Figure1 : Localisation Du Projet

II. OBJECTIFS DU PROJET :

L'objectif principal de notre projet est de créer une liaison entre les wilayas de **Sidi bel Abbés- Saida**, cet objectif aura comme conséquences :

- Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport, et décongestionner les routes de la région ;
- Créer et valoriser les richesses locales ;
- Augmenter la sécurité des transports ;
- Augmenter le gain de temps pour les usagers ;
- Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire ;
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique ;
- Créer un emploi important pendant la phase des travaux.
- Permettra de désengorger les RN 94, RN92, RN104.
- Offre un nouvel axe de développement pour les deux wilayas.

III. PRESENTATION DE PROJET :

III.1 Description De Tracé

Le tracé est d'une longueur d'environ 12 km se trouve au niveau de la wilaya de sidi bel abbés vers la wilaya de Saidatraversant une zone dans sa majorité montagneuse. Traversant autoroute Est-ouest au pk 1+900

Dans mon tronçon en objet est prévue la réalisation des ouvrages d'art suivants :

Un pont au niveau de PK1+900 de longueur de 75m

Un Viaduc au niveau de PK3+225 de longueur de 150m

Un Viaduc au niveau de PK6+350 de longueur de 250m

Un Viaduc au niveau de PK7+650 de longueur de 125m

Un Viaduc au niveau de PK8+250 de longueur de 100m

Les remblais prévus en projet ont une hauteur variable entre 1m et 15m environ; la variation des hauteurs des remblais en axe au tracé varie de 1m à 15m environ. Les excavations pour les déblais peuvent dépasser les 12m de hauteur.

.III.2Présentation de la wilaya de Sidi bel Abbés :

- **Wilaya de Sidi bel Abbés**

La wilaya de Sidi bel Abbés située au Nord-Ouest de l'Algérie couvre une superficie totale de **9150.63** Km^2.

La Wilaya de Sidi bel Abbés est limitée par:

- Au nord. par la wilaya d'Oran.
- Nord-Ouest par la wilaya d'Ain Témouchent.
- Nord-Est par la wilaya de Mascara.
- Ouest par la wilaya de Tlemcen.
- Est par les wilayas de Mascara – Saida.
- Sud par les wilayats de Naama – Bayadh.
- Sud-Est par la wilaya de Saida.

La wilaya de Sidi Bel Abbés est constituée de 15 daïras et de 52 communes

- **Wilaya de Saida**

La wilaya de Saida localisée au Nord-ouest de l'Algérie couvre une superficie totale de **6765** km^2.

La Wilaya de Saida est limitée par:

- Au nord par la wilaya de Mascara.
- Sud par celle d'El Bayadh.
- Est par la wilaya de Tiaret.
- Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbés.

La wilaya de Saida est constituée de 6 daïras et de 16 communes

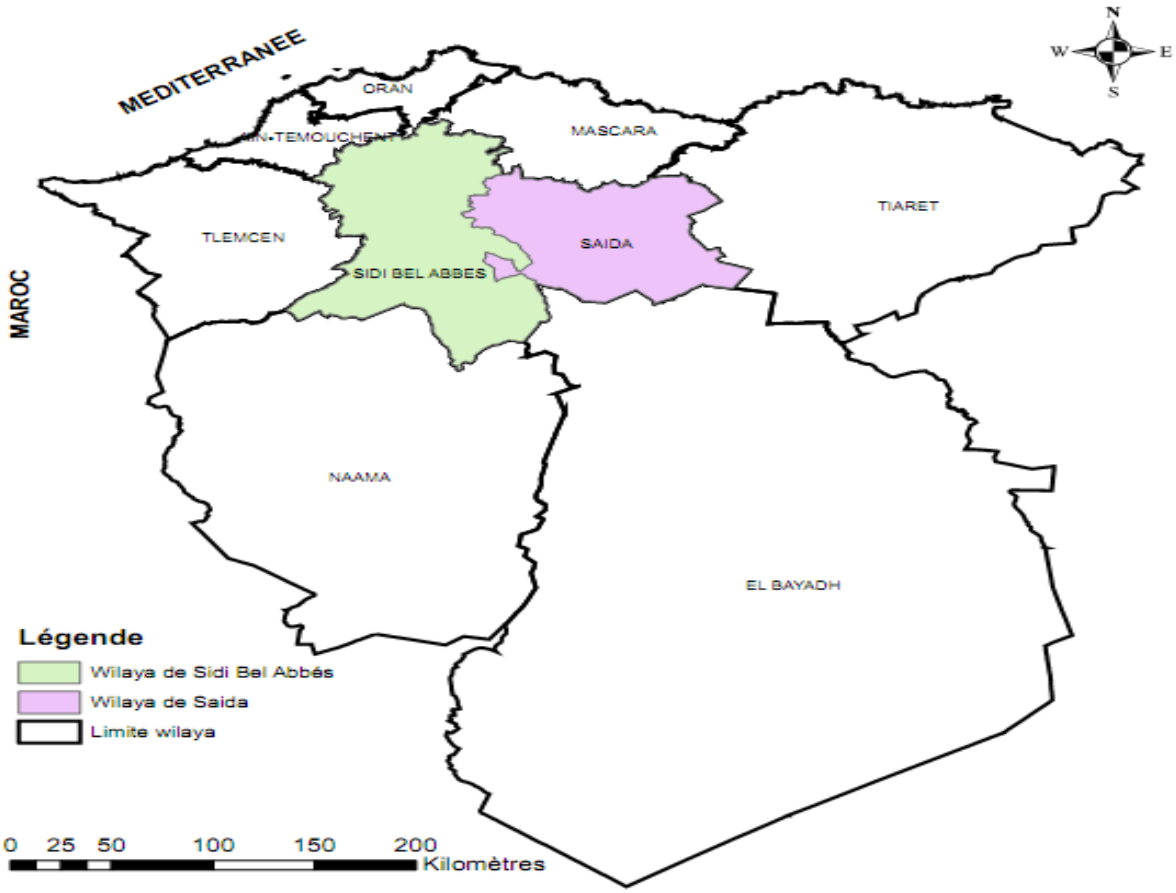


Figure 2 : Situation Géographique De La Wilaya De Sidi Bel Abbes Et La Wilaya De Saida

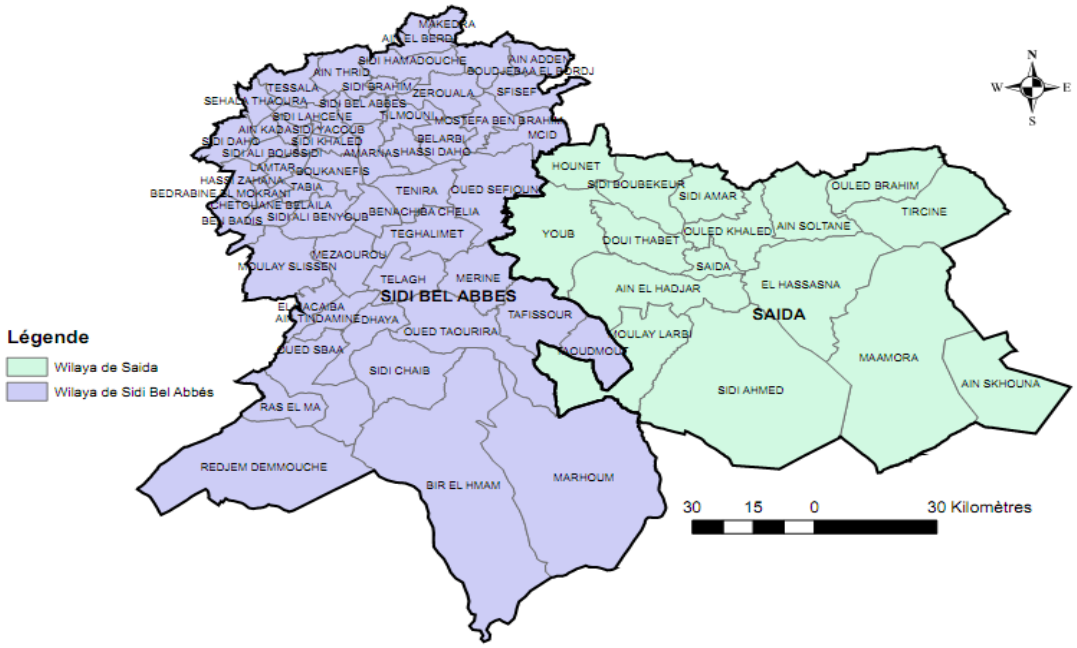


Figure 3 : Decoupage Administratif De La Wilaya De De Sidi Bel Abbes Et La Wilaya De Saida

IV. GEOMORPHOLOGIE ET TOPOGRAPHIE GENERALE :

La géomorphologie et la topographie de notre tronçon se constitue de présence de massifs rocheux (grès, calcaire etc.). Relief peu vallonné du PK00 au PK 12 point à partir duquel le terrain est plus ou moins vallonné jusqu'à la fin du projet. Les sols en place sont majoritairement formés de tufs, d'alluvions, de limons, d'argiles et de sable. .

V. HYDROLOGIE GENERALE :

Le tracé traverse une région de réseau hydrographique très dense.

V.1 Climatologie Des Wilayas :

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés** :

La majeure partie de la wilaya se définisse dans l'étage bioclimatique semi-aride continental (été très chaud et hivers assez froids).

- **Wilaya de Saida** :

Le climat dominant sur la wilaya est continental en été sec et chaud et à hiver froid.

V.2 Pluviométrie et Température des wilayas

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés**:

L'isohyète des pluies varie entre **400** et **500 mm** par an. et la température moyenne annuelle et de **03** à **31 °C**.

- **Wilaya de Saida**:

L'isohyète des pluies varie entre **200** et **600 mm** par an. Et la température moyenne annuelle et de **0** à **35 °C**.

VI. CARACTERISTIQUES DE NOTRE PROJET :

Notre projet est une liaison autoroutière .donc on utilise l'ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

VI.1 Catégorie De L'autoroute :

Compte tenu du relief difficile et des impacts économiques et environnementaux que notre projet implique, la catégorie d'autoroute sera « L2 » selon l'ICTAAL 2015.

VI.2 Vitesse De Référence :

Selon l'ICTAAL 2015 et pour une catégorie « L2 » de l'autoroute, la vitesse maximale autorisée est de 110 km/h.

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

I. INTRODUCTION :

Les études de trafic sont indispensables pour planifier et développer les infrastructures de transport, qu'il s'agisse d'améliorer un carrefour ou de construire une autoroute majeure. Elles jouent un rôle crucial dans la conception, la maintenance et l'exploitation des réseaux routiers.

L'étude de trafic est essentielle pour concevoir les réseaux routiers. Elle permet de prévoir le volume de circulation sur les routes, ce qui permet de déterminer les caractéristiques techniques nécessaires pour chaque segment de la route :

- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route :
  - ✓ Choix du tracé et position des échangeurs.
  - ✓ Dimensionnement des chaussées.
  - ✓ Géométrie des carrefours.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier et les coûts d'exploitation des Véhicules.
- Apprécier la valeur économique des projets routiers.

L'évaluation du trafic :

Cette évaluation est réalisée généralement par les procédés suivants :

- ✓ Les comptages : C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, dont il existe deux types de comptages, à savoir :

- Le comptage manuel.
- Le comptage automatique.

- ✓ Les enquêtes : Elles permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs.

II. ANALYSE DU TRAFIC :

Pour obtenir des informations sur le volume et la composition du trafic à un endroit et à un moment précis, il est nécessaire de réaliser des comptages. Cela implique une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de trafic sur les différentes routes du réseau sont nécessaires pour planifier et améliorer l'infrastructure existante, déterminer les dimensions nécessaires des routes et évaluer l'utilité des projets d'ouvrages. Les éléments clés de ces analyses comprennent :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).

III. CALCUL DE LA CAPACITE :

La capacité est le flux maximal de véhicules qui peuvent passer chaque heure dans l'une (ou les deux) directions de la route pendant la période spécifiée. La capacité est exprimée en termes de taux horaire.

La capacité dépend :

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

IV. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC :

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

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

Avec :

- ✓ $\mathbf{TJMA_h}$: Le trafic à l'année horizon
- ✓ $\mathbf{TJMA_0}$: Le trafic à l'année de référence.
- ✓ $\mathbf{n}$: Nombre d'année.
- ✓ $\boldsymbol{\tau}$: Taux d'accroissement du trafic (%).

Calcul Du Trafic Effectif :

Il s'agit du trafic traduit en unités de véhicule de tourisme (UVP), en fonction du type de route et de l'environnement.

A cet effet, des coefficients d'équivalence sont utilisés pour convertir les poids lourds en (UVP).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$\boldsymbol{Teff = [(1-Z) + PZ]\ TJMA_h}$$

Avec :

- ✓ Tef: Trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- ✓ Z : Pourcentage des poids lourds.
- ✓ P : Coefficient d'équivalence des poids lourds

Tableau 1 :Coefficient d'équivalence « P » (norme B40)

Environnement	E1	E2	E3
Route a 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 normal est une fraction du trafic réel à l'horizon, il et exprimé en unités de véhicules de tourisme (uvp) et donné par la formule suivante :

Tel que:

$$\mathbf{Q}=\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}}\boldsymbol{Teff}$$

- ✓ Q: débit de pointe horaire.
- ✓ n: nombre d'heure, (en général: n=8 heures).
- ✓ Tef: Trafic effectif.

Débit Horaire Admissible:

$$\mathbf{Q_{ADM}} = \boldsymbol{k1k2C_{th}}$$

Tel que :

- ✓ K_1: Coefficient lié à l'environnement (voir Tableau …)
- ✓ K_2: Coefficient de réduction de capacité (Voir Tableau …)
- ✓ C_{th} : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau 2 :Coefficient « K1 » (norme B40)

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau 3 :Coefficient « K2 » (norme B40)

	Catégorie de la route				
Environnement	01	02	03	04	05
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau 4 :Valeur de la capacité théorique (norme B40)

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

- **Détermination du Nombre Des Voies :**

•**Cas d'une chaussée à double sens** : On compare Q à $Qadm$ et on adopte le profil qui correspondant à la valeur de $Qadm$ la plus proche de Q.

•**Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voies à retenir par chaussée

Le nombre de voies à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport S.Q/Q_{ADM}
Avec :

- ✓ Q_{ADM}: débit admissible par voie
- ✓ S : Coefficient de dissymétrie, en général égale à **2/3**

V. APPLICATION DU PROJET :

Les données du trafic :

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé SAETI :

- ✓ Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2022, TJMA2022= **12600**v/j}.
- ✓ Année de mise en service : **2028.**
- ✓ L'environnement : E2, catégorie **C1.**
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : **Z = 27.4%.**
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : **τ = 3.5%.**
- ✓ La durée de vie : **20ans.**

Nombre de voies :

❖ Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service :

$$\mathbf{TJMA_{2028} = TJMA_{2022}(1+\tau)^6}$$

$$\boldsymbol{TJMA_{2028}} \mathbf{=15489\ v/j}$$

❖ Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet :

$$\mathbf{TJMA_{2048} = TJMA_{2022}(1+\tau)^{20}}$$

$$\boldsymbol{TJMA_{2048}} \mathbf{=30819\ v/j}$$

❖ Le trafic effectif :

C'est le trafic exprimé en unité de véhicule particulier uvp/j

$$\boldsymbol{Teff} \mathbf{= [(1-Z) + PZ]\ TJMA_{2048}}$$

$$\boldsymbol{Teff_{2048}} \mathbf{=56152\ uvp/j}$$

❖ Le débit de pointe horaire normale :

$$\mathbf{Q=}\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}}\boldsymbol{Teff}\mathbf{=0.12*56152}$$

$$\boldsymbol{Q_{2048}}\mathbf{=6738\ uvp/h}$$

❖ Le nombre de voie :

$$\mathbf{N=}\ \boldsymbol{S}*\frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{Q_{adm}}}$$

$$\mathbf{N=}\frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}}*\frac{\mathbf{6738.28}}{\mathbf{0.99*0.85*1800}}\mathbf{=2.96}$$

N=3

D'où le nombre de voies est égal à 2 * 3 voies

L'année de saturation :

$$Q_{\text{saturation}} = Q_{\text{admissible}} * 6$$

$$Q_{\text{saturation}} = 9088 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{mise en service}} = T_{\text{effectif2028}} * 0.12$$

$$Teff = [(1 - Z) + PZ]\, TJMA_{2028}$$

$$Teff_{2028} = 28220 \text{ uvp/j}$$

D'où :

$$Q_{\text{mise en service}} = 28220 * 0.12$$

$$Q_{\text{mise en service}} = 3386 \text{ uvp /h}$$

Donc :

$$N_{\text{saturation}} = \frac{\ln \frac{Q_{\text{saturation}}}{Q_{\text{mise en service}}}}{\ln(1 + \tau)}$$

$$N_{\text{saturation}} = 28.69$$

$$N_{\text{saturation}} = 29 \text{ans}$$

Année de saturation : 2057

VI CONCLUSION :

D'après l'étude du trafic de notre autoroute, on constate qu'elle est unidirectionnelle à chaussées séparées de 3 voies par sens **2x3 voies**, avec une saturation après **29 ans** de l'année de mise en service, donc son année de saturation est estimée en **2057.**

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

I. INTRODUCTION:

Notre Projet est représenté en plan horizontal en projetant verticalement tous les points qui composent l'axe de la route. Cette conception est basée sur des données topographiques et vise à répondre aux attentes et aux exigences de ce projet stratégique. Elle respecte également les normes de dimensionnement pour garantir aux utilisateurs de l'autoroute un trajet confortable, sûr et offrant une bonne qualité de service.

II. PARAMETRES GEOMETRIQUE DE CONCEPTION DU TRACE:

Le tracé en plan consiste à projeter l'axe de la chaussée sur un plan horizontal en utilisant une combinaison d'alignements, de courbes et de transitions progressives. Les caractéristiques géométriques adoptées sont conçues pour offrir des conditions de confort et de sécurité relativement homogènes, adaptées à la catégorie L2 et à une vitesse de base de 110 km/h dans un environnement E2.

En fonction de la vitesse de référence mentionnée précédemment, les caractéristiques du tracé en plan sont les suivantes :

II.1 Rayons De Courbure :

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : caractéristique géométrique du tracé en plan

Symbole et unité		Valeur
Rayon Minimal	Rm(m)	400
Rayon Minimal au Dévers Normal	Rdn(m)	650
Rayon Minimal Non Déversé	RND(m)	975
Catégorie	/	L2

II.2 Alignements Droits :

Les valeurs minimales et maximales des alignements du tracé en plan doivent respecter des valeurs en fonction de la vitesse de référence, dans notre cas, la vitesse de base est Vb=110Km/h.

La longueur minimale d'alignement Lmin devra séparer deux courbes circulaires de même sens, elle sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe. La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

Les longueurs minimales et maximales des alignements droits sont données par les équations suivantes :

- $Lmin = 5 * V = Lmin = 5 * \frac{Vb}{3,6} \rightarrow Lmin = 5 * \frac{110}{3,6} = 153$ **m.**

- $Lmax = 60*V$ = $Lmax$ = $60*\frac{Vb}{3,6}$ ➔$Lmin$ = $60*\frac{110}{3,6}$ = **1833m.**

II.3 Détermination Pratique Du Tracé En Plan :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe au début de notre projet (Liaison).

Tableau 2 : Coordonnées des sommets à calculer.

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	Vb(Km/h)
A (x,y)	151194,52	3893125,02	6000	110
C (x,y)	151975,85	3892953,23		
B (x,y)	152930,15	3892658,27		

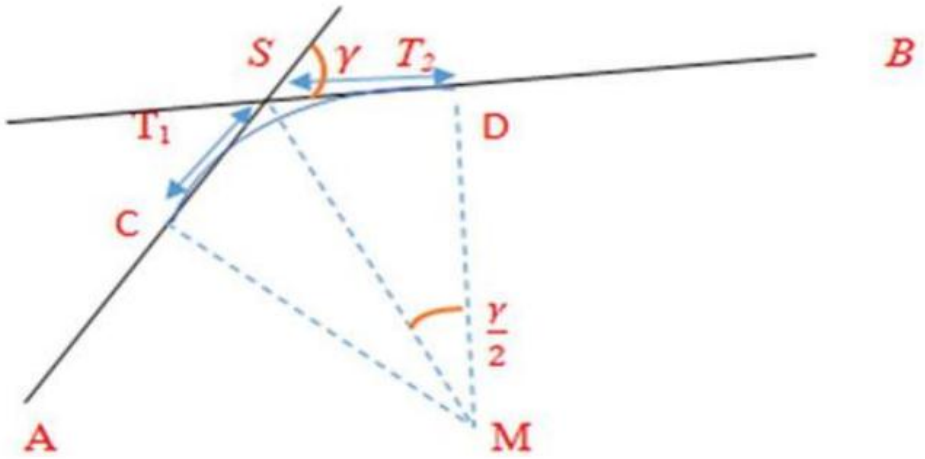


Figure 1 : Paramètres de raccordement par arc.

On a les gisements :

G_A^S **= 113,78 Grad**

G_S^B **=124,39 Grad**

- Calcul de l'angle Ɣ :

Ɣ = |G_S^B – G_A^S | = |124,39 – 113,78|= 10,61 Grad

- Calcul de la tangente :

$T_1 = T_2$ **= T = R * Tan(Ɣ/2) = 6000 * Tan (10,61 /2) = 557,13 m**

- Calcul de la longueur de la courbe :

L = RxƔ = 6000 * (10, 61 * 3.14 /200) = 999, 46 m.

- Calcul des coordonnées de S et D :

G_A^S **= 113,78Grad , ** G_S^A **=313,78 Grad**

G_S^B = 124, 39 Grad , G_B^S =324,39 Grad

- Coordonnées du sommet S :

▪ **X_S= X_C - T * sin G_S^A= 152378,1 m**

▪ **Y_S = Y_C - T *cos G_S^A= 3892567,76 m**

- Coordonnées du point D :

▪ **X_D= X_S+T sin G_B^S= 152053,7 m**

▪ **Y_D = Y_S+T * cos G_B^S= 3893020,7 m**

- Coordonnées du point M :

G_C^M= G_A^S + 100 = 113,78+100 = 213,78 Grad

▪ **X_M = X_C + R * sin G_C^M = 148639,8 m**

▪ **Y_M = Y_C + R * cos G_C^M = 3887966,158 m**

A la fin du calcul manuel de l'axe en plan, on constate que les résultats obtenus sont compatibles avec ceux trouvés par le logiciel Auto Piste, le listing de l'axe en plan est joint en annexe.

III. CONTRAINTES RENCONTREES LORS DE L'ELABORATION DE NOTRE TRACE

- Des zones oliviers du PK2+125 au PK02+175 , PK8+210 au PK8+250,
- Des lignes électrique au PK1+570et PK2+ 520 et PK4 +485 et PK5+690 et PK8+050
- Des piste du PK0+825 au PK0+850 ,PK02+500 au PK02+525, PK07+300 au PK07+325
- Les lignes des gaz au PK07+120 ,
- autoroute est-ouest PK1+925.
- Route national (RN96) du PK03+250.
- Route national (RN7) du PK06+350.
- Chemine wilaya (CW78) du PK08+275.
- Chemine ferre du PK07+675.
- Oued mouzene du PK06+500.

IV. RECOMMANDATIONS ET REGLES A SUIVRE VIS-A-VIS DE CES CONTRAINTES RENCONTREES

- Eviter de passer sur les terrains agricoles et par les zones forestières
- Prévoir des ouvrages d'art pour l'autoroute est-ouest et les route national ainsi le chemin de willaya
- Rétablissement du passage (piste et autres)
- Respecter les règles et les paramètres énoncé dans l'ICTAAL cité précédemment
- L'emploi des rayons supérieurs ou égaux à 1.5Rnd c'est-à-dire pour notre projet des rayons supérieurs ou égaux à 975m est souhaitable ; si cela est économiquement faisable

V. ELEMENTS ET DESCRIPTION DU TRACE :

Notre projet à un linéaire de 12Km du PK 0+000 au PK 12+000, le tracé débute par un alignement droit 800m.

Tout les partie du tracé est composée de courbe contre courbe en utilisant des rayons supérieur à 1.5Rnd (7000, 6000, 4000,1000…).

Il est aussi composé de quelques alignements droits de longueur maximale de 900m.

La section de tracé se termine sur la suite de l'autoroute vers l'Est. La coordination en matière de tracé des sections suivantes a été respectée de point de vue althémetriques et en de profil en travers type.

Remarque : Le Tracé en plan a été fait avec le logiciel **Covadis**

VI. RECAPITULATIF DES ELEMENTS GEOMETRIQUES RETENUS

Tableau 3 : Description géométrique du tracé en plan

Localisation	Elément géométrique utilisé	Caractéristique et valeur
PK 00+000 au PK 00+800	Droite	L=800
PK 00+800 au PK 01+800	Arc	R=6000
PK 01+800 au PK 02+700	Droite	L=900
PK 02+700 au PK 03+550	Arc	R=7000
PK 03+550 au PK 03+800	Droite	L=250
PK 03+800 au PK 04+150	Arc	R=1000
PK 04+150 au PK 04+750	Droite	L=600
PK 04+750 au PK 05+950	Arc	R=4000
PK 05+950 au PK 06+650	Droite	L=700
PK 06+650 au PK 07+300	Arc	R=4000
PK 07+300 au PK 07+850	Droite	L=550
PK 07+850 au PK 08+650	Arc	R=1700
PK 08+650 au PK 09+100	Droite	L=450
PK 09+100 au PK 10+100	Arc	R=7500
PK 10+100 au PK 10+950	Droite	L=850
PK 10+950 au PK 11+500	Arc	R=7500
PK 11+500 au PK 12+000	Droite	L=500

CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

I. INTRODUCTION :

Un profil en long est une représentation graphique qui montre une coupe verticale le long de l'axe d'un projet linéaire, tel qu'une route, une voie ferrée ou une canalisation. Il affiche tous les points du terrain naturel ainsi que de l'axe du projet. Ce profil en long permet de visualiser les pentes, les rampes, ainsi que les rayons des sommets des collines et des points bas.

Par convention, la ligne de référence du profil en long de l'autoroute est l'axe de la plateforme si le T.P.C est revêtu ou sinon, celui du bord gauche des chaussées. Sauf difficulté d'insertion dans le site, un profil en long en remblai, adapté à la réalisation des terrassements, des chaussées et au maintien des écoulements naturels, est préférable à un profil en long rasant.

II. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE :

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

- Respecter les normes décrites dans le règlement appliqué (ICTAAL2015), à savoir les déclivités maximales et minimales ainsi que les rayons minimaux en angle saillant et en angle rentrant ;
- Prévoir à l'amont de chaque descente, une zone de transition au moyen, par exemple, d'une réduction progressive des rayons du tracé en plan ;
- Rechercher un équilibre entre les volumes de déblais et les volumes de remblais ;
- Eviter d'introduire un point bas (angle rentrant) en déblai pour éviter les problèmes d'écoulement des eaux et les problèmes de terrassements ;
- Introduire franchement une forte pente en évitant les pentes augmentant progressivement ;
- Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4%) une pente plus modérée ;
- Eviter les hauteurs excessives de remblais (difficulté de stabilisation) ;
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon ;
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique ;
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage ;
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles.

III. ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

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

• L'altitude du terrain naturel
• L'altitude de la ligne du projet
• La déclivité de la ligne du projet

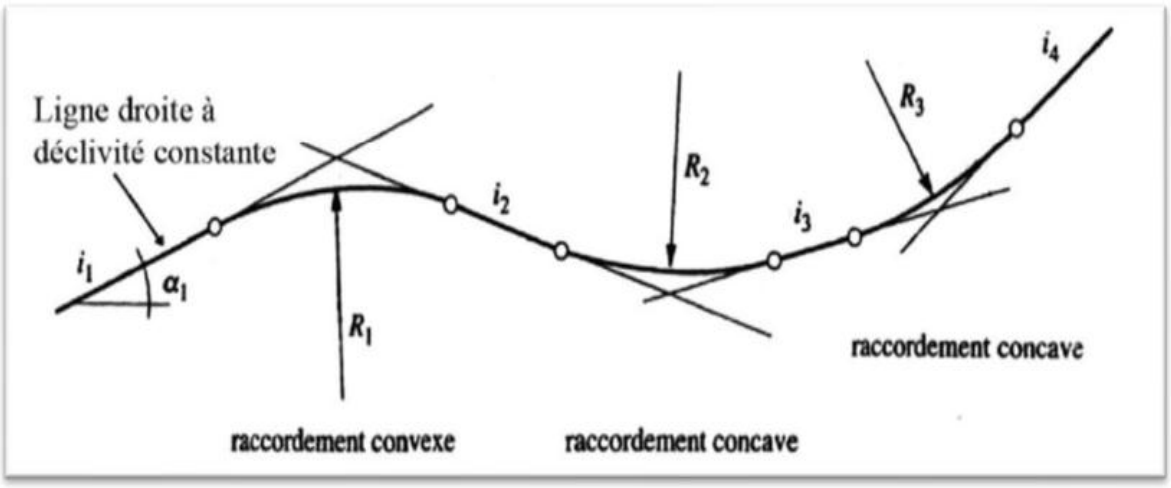


Figure 1 : Eléments géométriques du profil en long.

IV. DECLIVITE :

IV.1 Déclivité Minimum :

Il est préférable d'éviter autant que possible les tronçons de route complètement plats, également appelés "en palier", en raison de l'écoulement des eaux de pluie. En effet, la seule pente transversale de la chaussée ne suffit pas à assurer un drainage adéquat. Il est nécessaire que l'eau accumulée sur les côtés s'évacue longitudinalement de manière efficace à travers des fossés ou des canalisations dotées d'une pente suffisante.

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse VB =110 km/h donc la pente maximale $i_{min} = 0.5\%$

IV.2 Déclivité Maximum :

D'un point de vue technique, la pente maximale dépend de l'adhérence entre les pneus et la chaussée, ce qui affecte tous les types de véhicules. Les camions (véhicules lourds) et leur poids sont particulièrement déterminants, car ils entraînent une réduction de vitesse notable. Il convient de noter que la plupart des véhicules légers disposent d'une puissance suffisante pour faire face à des pentes plus importantes.

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse VB =110 km/h donc la pente maximale$i_{max} = 6\%$.

V. LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les variations de déclivité sont des éléments distincts dans le profil en long d'une route. Ces changements doivent être atténués par la création de raccordements circulaires qui répondent aux critères de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements :

V.1 Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

Les rayons minimums autorisés pour les raccordements paraboliques dans les angles saillants sont déterminés en prenant en compte la position de l'œil humain, les obstacles présents ainsi que les distances requises pour l'arrêt et la visibilité. La conception de ces raccordements doit répondre à la condition suivante :

• Condition de confort.

• Condition de visibilité.
Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : **6000m.**

- **Condition de confort :**

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

$R_{min} \geq 0,30V^2$ (cat 1-2).

Pour: V= **110km/h**

R_{min} =**6000m**

→ 0,3×110²=**3630m**

→ 6000 >3630 **vérifie.**

- **Condition de visibilité :**

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

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

V.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Pour les raccordements situés dans les points bas, la visibilité diurne n'est pas un facteur déterminant. Au contraire, c'est pendant la nuit qu'il est essentiel de s'assurer que les phares du véhicule illuminent une section suffisamment longue pour permettre au conducteur de détecter les obstacles.

Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : 3000 m.

V.3 Paramètre utilisé selon ICTAAL :

Pour une catégorie L2 les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant :

Tableau 1 : caractéristique géométrique du profil en long

Paramètre	Symbole /Unité	Valeur
Déclivité maximale	$I_{max}(\%)$	6
Rayon minimal en angle saillant	$R_{max}(m)$	6000
Rayon minimal en angle rentrant	$R_{min}(m)$	3000

VI. REDACTION DE PROFIL EN LONG :

La création d'un profil en long prend en compte plusieurs éléments essentiels. Il se compose de deux parties : la première, appelée partie graphique, représente le terrain naturel ou l'apparence du projet. La deuxième partie, appelée partie travée, englobe le plan de comparaison, la distance partielle, la distance cumulée, les déclivités du terrain naturel, les déclivités du projet, les alignements et les courbes.

Lors de la conception du profil en long, il est essentiel de prendre en compte les échelles à utiliser. En règle générale, on utilisera l'échelle utilisée sur l'axe des abscisses conformément à la planche des courbes de niveau. Pour les altitudes, on utilisera une échelle exagérée cinq ou dix fois (agrandie de 5 ou 10 fois).

Remarque : Le profil en long a été fait avec le logiciel Covadis 'Autopiste' et le plan est joint ci-après et en annexe

VII. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle:

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

À l'équation de la parabole

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0 \rightarrow \frac{X^2}{2R}$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

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

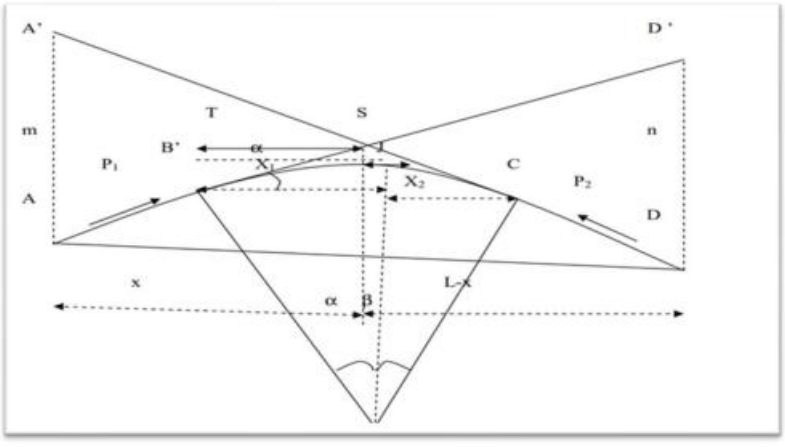


Figure 2 :Schéma de l'élément à calculer

VII.1 Détermination de la position du point de rencontre (S)

On a:

$Z_A = Z_D + L.\ P_2$; m= $Z_{A`} - Z_A$

$Z_D = Z_{A`} + L.\ P_1$; n= $Z_D$- $Z_{D`}$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc:

$$\frac{m}{n} = \frac{X}{L-x} \rightarrow \frac{m*L}{m+n}$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P1.\ X + Z_A \end{cases}$$

VII.2 Calculs De La Tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$B\{X_B = X_S - T; Z_B = Z_S - P_1 T\}$

$C\{X_C = X_S + T; Z_C = Z_S - P_2 T\}$

VII.3 Projection Horizontale De La Longueur De Raccordement :

LR=2T

VII.4 Calcul De La Fleche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

VII.5 Calcul De La Fleche Et De L'altitude D'un Point Courant M Sur La Courbe :

$$M\{ H_X = \frac{X^2}{2R} \quad ; \quad Z_M = Z_B + X_{P1} - \frac{X^2}{2R}\}$$

VII.6 Calcul Des Cordonnées Du Sommet De La Courbe (T) :

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$X_1 = R_{P1}\ ;\ X_2 = R_{P2}$$

$$M\{ H_X = X_B * R * P_1\ ;\ Z_M = Z_B + X_1 * P_1 \frac{X_1^2}{2R}\}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J (D).

VII.7 Exemple De Calcul De Profil En Long:

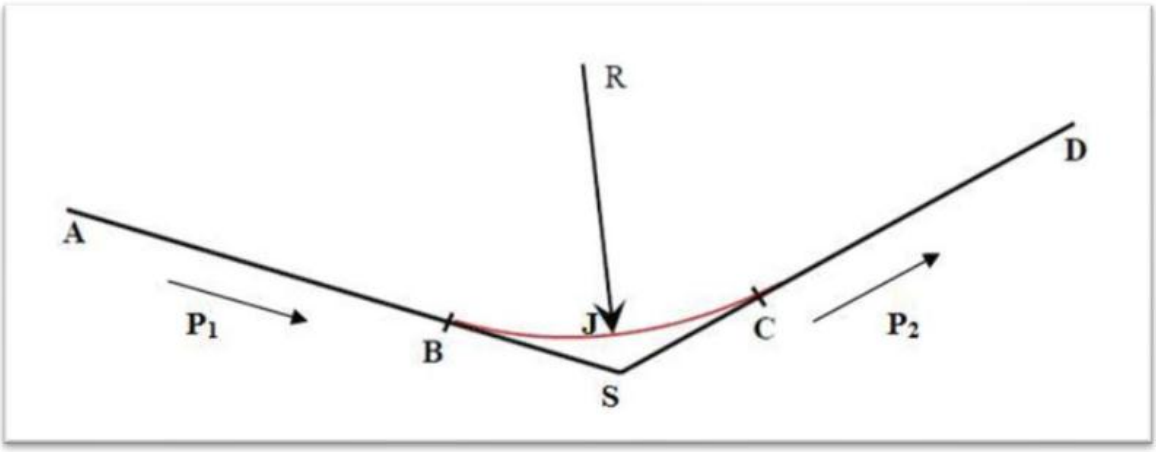


Figure 3 : Schéma illustratif d'un rayon concave

➢**Les point du profile en long:**

Tableau 2 : Les donnes de l'axe à calculer

Sommets	Abscisse(m)	Altitude(m)	R(m)
A	5825	565	8000
S	6560,391	551,981	
D	7754,901	572,2	

➢ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_{AS}}{\Delta X_{AS}} = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = 1.78\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_{SD}}{\Delta X_{SD}} = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} = 1.69\%$$

➢ **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} \times (P_1 + P_2) = 138,8$$

➢ **Calcul de la flèche BX :**

$$B_X = \frac{T^2}{2 \times R} = 1,21m$$

➢ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

PointB:

$$X_B = X_S - T = 6421,591m$$
$$Z_B = Z_S + T \times P_1 = 554,45m$$

PointC:

$$X_C = X_S + T = 6699{,}19m$$
$$Z_C = Z_S + (T \times P_2) = 554{,}33m$$

➢Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 277{,}6m$$

➢Calcul des cordonnées du point J :

$$X_{J/A} = R \times P_1 = 142{,}4m$$

$$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{X_{J/A}^2}{2 \times R} = 1{,}27m$$

$$X_J = X_B + X_{J/A} = 6563{,}99m$$

$$Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 553{,}18m$$

➢Vérification du calcul effectué :

Les résultats de calcul automatique (COVADIS) sont mentionnés dans l'annexe.

VIII. LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

Tableau 3: éléments géométrique du profil en long

Localisation	Elément	Valeur
PK00+000 au PK 00+537.530	Pente	-3.17
PK 00+537.530 au PK 00+864.504	Raccordement parabolique	15000
PK 00+864.504 au PK 02+047.259	Pente	-0.99
PK 02+047.259 au PK 02+215.390	Raccordement parabolique	50000
PK 02+215.390 au PK 04+537.239	Pente	-0.66
PK 04+537.239 au PK 04+665.676	Raccordement parabolique	86073
PK 04+665.676 au PK 05+658.672	Pente	-0.51
PK 05+658.672 au PK 05+991.328	Raccordement parabolique	-25000
PK 05+991.328 au PK 06+419.152	Pente	-1.84
PK 06+419.152 au PK 06+701.629	Raccordement parabolique	8000
PK 06+701.629 au PK 07+640.033	Pente	1.69
PK 07+640.033 au PK 07+869.768	Raccordement parabolique	-10000
PK 07+869.768 au PK 08+414.095	Pente	-0.60
PK 08+414.095 au PK 08+782.471	Raccordement parabolique	20000
PK 08+782.471 au PK 10+572.819	Pente	1.24
PK 10+572.819 au PK 11+376.519	Raccordement parabolique	-46000
PK 11+376.519 au PK 12+000.000	Pente	-0.51

IX. COORDINATION ENTRE TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

l est très important de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin d'assurer une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

▪ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
▪ Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
▪ Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et ceux du profil en long en respectant la condition **R vertical > 6R horizontal** pour éviter un défaut d'inflexion.

CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS

I. INTRODUCTION :

Le profil en long est une représentation à échelle de coupe verticale de l'axe de la route. Il montre l'élévation verticale le long de la route en mettant en évidence tous les points qui la composent.

Pour simplifier le dessin de nombreux profils en travers dans un projet routier, on utilise un profil en travers type. Ce profil unique contient toutes les dimensions et les détails constructifs nécessaires (comme les largeurs des voies, des chaussées et autres bandes, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches de la superstructure, le système d'évacuation des eaux, etc.). Ainsi, il n'est pas nécessaire de rapporter ces informations sur chaque profil en travers individuel.

II. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

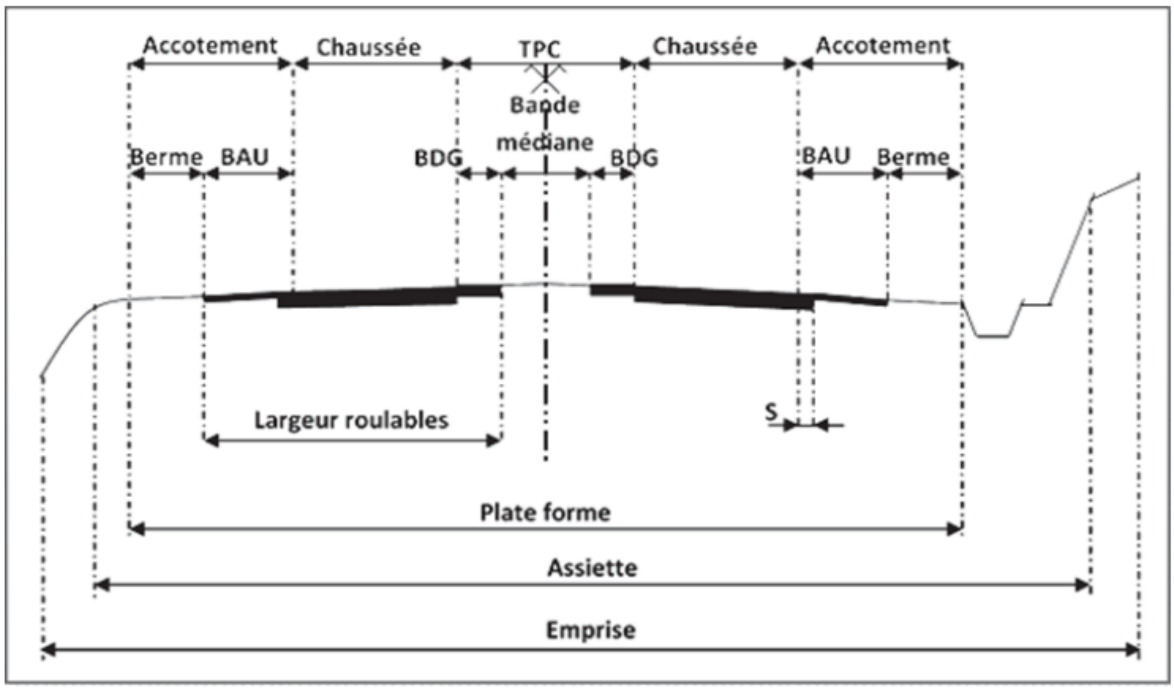


Figure 1: Eléments constructifs du profil en travers

- **Chaussée :**

Chaque chaussée comporte un nombre de voies de **3.5 m** de larges.

- **Terre-plein central :**

Le terre-plein central assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane

- **La bande dérasée gauche :**

Sa fonction est de permettre des ajustements mineurs de trajectoire et d'éviter un effet de paroi causé par les barrières de sécurité. Dans les virages à gauche, elle contribue au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, pavée et se connecte à la chaussée sans aucun changement de niveau. Sa largeur est de **1,00** mètre.

❖ **La bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

❖ **L'accotement :**

L'accotement comprend la bande d'arrêt d'urgence et la berme.

- **La bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation sa largeur est de **2,50 m**, ou de **3,00 m**.
- **La berme :**

Elle joue un rôle dans la création de zones dégagées pour une meilleure visibilité et permet la mise en place d'équipements tels que des barrières de sécurité et des panneaux de signalisation. Sa largeur minimale est de 1,00 mètre, mais elle peut également être intégrée à un système d'assainissement avec une pente maximale de 25%. La largeur dépend principalement de l'espace nécessaire au bon fonctionnement de la barrière de sécurité choisie.

III. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de profil en travers :

- **Profil En Travers Type :**

Le profil en travers type est un dessin essentiel pour les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments de construction de la future route, quelle que soit la configuration du terrain (remblais, déblais ou mixte). En l'appliquant au profil du terrain, on peut calculer les volumes de terrassement nécessaires pour les travaux.

- **Profil En Travers Courant :**

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20,25 m…) qui servent à calculer les cubatures.

IV. DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS :

Il est nécessaire de sélectionner les dimensions du profil en travers de chaque composant (chaussée, largeur roulable, TPC, accotements) de manière à répondre à diverses fonctions et conditions :

• Écoulement du trafic ;
• Sécurité des usagers et des riverains ;
• Implantation des ouvrages d'art ;
• Assainissement ;
• Équipements d'exploitation et de sécurité ;
• Implantation de l'éclairage ;
• Prise en compte des opérations d'entretien ;

• Plantations ;
• Implantation des protections phoniques ;
• Humanisation de la route ;
• Prise en compte des nuisances ;
• Contraintes économiques ;
• Phasage.

V. PENTE TRANSVERSALES AUTOROUTE :

V.1 Devers :

En règle générale, la chaussée présente une pente transversale de 2,5 % vers l'extérieur afin d'assurer un bon écoulement des eaux. Pour garantir un drainage optimal, la pente des bordures d'arrêt d'urgence (BAU) est augmentée à 4 %. Quant à la berme extérieure, elle affiche une pente transversale de 8 %, qui peut être augmentée jusqu'à 25 % si elle est intégrée au système de drainage.

V.2 En Courbe Déversée :

La pente transversale de la chaussée varie de manière linéaire en fonction de 1/R, avec une valeur de 2,5 % pour Rnd et de 6 % pour Rm. La pente de la bordure d'arrêt d'urgence (BAU) ou de la bande dérasée (BDD) à l'intérieur de la courbe est identique à celle de la chaussée adjacente. La pente de la BAU ou de la BDD à l'extérieur reste la même que celle d'une section droite tant que le dévers n'excède pas 4 %. Au-delà de cette valeur, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, à l'exception de la sur-largeur de chaussée qui conserve lamême pente que la chaussée principale.

V.3 Changement De Dévers :

Les variations de dévers sont conformes aux directives de l'article 4.6.3 de l'ICTAAL 2000. Dans la zone de transition du dévers, il est nécessaire d'avoir une pente résultante de 0,5 % sur toute la chaussée afin de permettre l'évacuation appropriée des eaux de ruissellement.

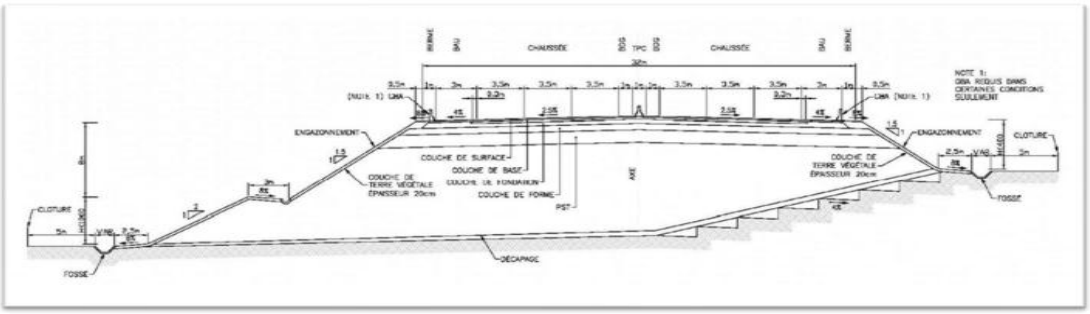


Figure 2 : Détail type de plateforme en remblai

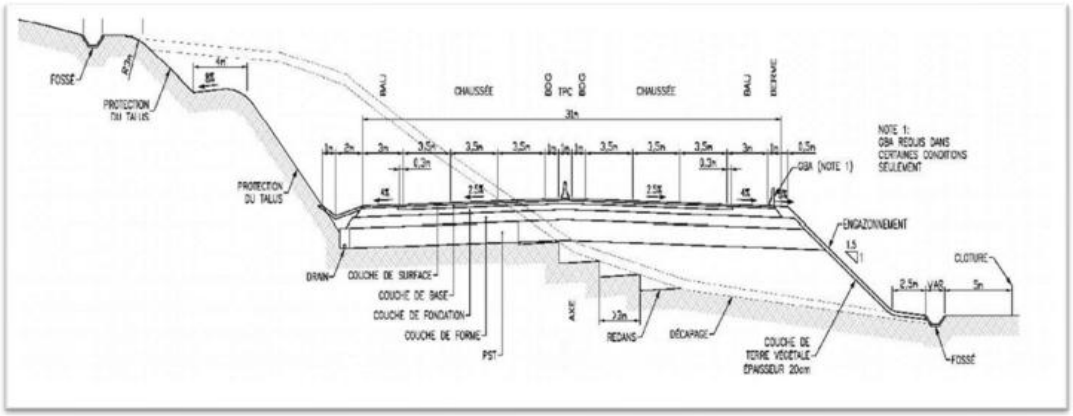


Figure 3 : Détail type de plateforme remblai-déblai

VI. APPLICATION SUR NOTRE PROJET :

La pénétrante de sidi bel abbes vers saida s comporte un profil en travers type, qui contient :

- Deux chaussées de trois voies de 3.5m chacune : (3 x 3.5) x 2 = 21.00m
- Un terre-plein central de 3 m, composé de deux bandes dérasées de gauche (BDG) stabilisées et revêtues d'une largeur de 1 m chacune, plus une bande médiane d'une largeur de 1 m également stabilisée et revêtue.
- Accotement de **4m** pour chaque côté, comprend une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de **3m** bordée à l'extérieur d'une berme de **1 m.**

Tableau 1 : Les éléments de profils en travers

Description	Largeur(m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 3×2	3.5	6	21
Accotement			8
- Bande d'arrêt d'urgence(BAU) **-Berme**	3 1	2 2	6 2
Terre-plein central (T.P.C)			3
-Bande dérasée de gauche **-Bande médiane (BM)**	1 1	2 1	2 1

DEVERS PROPOSES	
- Chaussée	2,5 % vers l'extérieur
- (B.D.G)	2,5 % vers l'extérieur
- Band d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur
-Berme extérieure	8% vers l'extérieur

CHAPITRE VI : ETUDE GEOTECHNIQUE

I.INTRODUCTION:

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée, la construction des diverses couches de la chaussée. Elle permet de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

Les objectifs principaux de l'étude géotechnique au niveau du Lot Route sont les suivants :

• Définir les mouvements de terres (déblais, remblais);
• Terminer la stabilité des déblais, des versants et des déblais de grandes hauteurs et/ou sur Versant;
• Définir les techniques de stabilisation des talus;
• les corps de chaussée procéder à la reconnaissance des matériaux d'emprunts pour les remblais, les couches de forme, les corps de chaussée, les bétons et les pavés.

II.METHODOLOGIE DE REALISATION DES ETUDES:

La méthodologie retenue pour la réalisation des études géotechniques a compris :

• La revue des informations géologiques et géotechniques disponibles;

• L'inspection préliminaire du tracé;

• La cartographie détaillée du tracé;

• L'établissement d'un programme géotechnique in situ et en laboratoire;

• La réalisation des essais in situ et en laboratoire;

• La rédaction des rapports géotechniques

III.CONTRAINTES GEOTECHNIQUES :

Les contraintes relevées dans le site sont liées à plusieurs facteurs:

Géomorphologique : relief peu vallonné du PK0 au PK 60.

Hydrologique : réseau hydrographique très dense

Géologique : présence de massifs rocheux (grès, calcaire etc.)

Géotechnique : Les contraintes géotechniques sont liées à la présence de zones inondables au début de projet.




Figure 1. Relief de terrain

III.1.Description géologique du tracé :

La partie du tracé qui s'étale de l'autoroute Est-Ouest (PK 0+000) à l'intersection de la route nationale RN 92 reliant Sidi Ali Boussidi, en traversant des terrains agricoles, des lignes de haute tension et une ligne ferroviaire et passe à côté de certaines agglomérations ; se caractérise par un terrain à topographique courbe plus ou moins régulière, surtout des terrains plats et/ou des dépressions à vocation agricoles (la plaine de Bel Abbès). Elle est matérialisée généralement par des dépôts du Mio-Plio-quaternaire à du Quaternaire récent, surmonté par une terre végétale.

IV.LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE:

IV.1.Essais au laboratoire :

IV.1.1 Essais physico-chimiques :

- Analyses granulométriques et sédimentométriques sur tous les échantillons;
- Mesure des densités sèches (γ_s) humide (γ_n), et du degré de saturation (S_r);
- Limites d'Atterberg pour déterminer la teneur en eau naturelle (W), la limite de liquidité (Wl) et l'indice de plasticité (Ip);
- Essai au bleu de Méthylène pour connaître l'argilosité de la formation en question ;
- Analyses chimiques sommaires sur quelques échantillons pour l'évaluation du degré d'agressivité du sol vis-à-vis des fondations des ouvrages d'art et courants.µ

IV.1.2 Essais mécaniques :

❖ **Lot chaussée** :

-Essai Proctor modifié afin de déterminer la teneur en eau optimale correspondant à la densité maximale ;
-Essai CBR pour connaître la portance du sol support.

❖ **Lot terrassement et ouvrages d'art** :

-Essai de cisaillement Triaxial à court terme (UU : non drainé, non consolidé) et à long terme (CD : Consolidé drainé) ;
-Essai de compressibilité à l'odomètre pour les sols meubles (Argile ; Limon, Vase).

❖ **Lot Gîtes à matériaux** :

-Essai Los Angeles (LA) (carrière à granulat) ;
-Essai Micro Deval (MDE) (carrière à granulat) ;
-Equivalent de sable (gites).

IV.2Essais In Situ :

Aux fins de déterminer d'une part, la nature géologique du terrain et d'autre part, les caractéristiques géotechniques des sols on a le programme de reconnaissance suivant :

- Sondages carotté.
- Puit de reconnaissance.

IV.2.1. Sondage Carotté :

Sont réalisés à l'aide d'un carottier qui sera filetés à la tête de la machine avec une réduction. Grâce au système de rotation de la machine et sa pression Hydraulique, et aussi avec le fluide (eau) qui sert en générale à refroidir l'outil de perforation (Couronne).

On constate l'enfoncement du carottier dans le sol, et au fur et mesure de l'avancement, on raccorde le carottier à des tiges pour arriver à la côte souhaitée.

N°	PK	Type zone	Hauteur
SC.01	6+075	Déblai	14,08

Le projet démarre sur une assise ou un substratum composé d'argile compacte surmontée par des graviers et galets arrondis à subarrondis avec une couverture d'argile jaunâtre carbonatée.

Tableau. 1résultats de sondage carotté

Sondage	PK	Profondeur	Nature
Sondage carotté 1	6+0.75	0,00 à 08,00 m	argile jaunâtre
		8,00 à 17,00 m	graviers et galets arrondis à subarrondis
		17,00 à 20,00 m	argile compacte

IV.2.2.Puits de reconnaissance :

Les échantillons prélevés ont été soumis aux essais de laboratoire suivants :

Tableau. 2 les essais effectués sur les échantillons et les normes

Essais physiques	
Essais	**Normes**
Teneur en eau naturelle VV	N P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	N P 94-054
Masse volumique des sols fins	N P 94-053
Limites d'Atterberg (WL)	N P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	N P 94-056
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)	N P 94-057
Teneur en carbonates (CaC03)	N P 94-048

Équivalent de sable (ES)	N P.18-598
Essais mécaniques	
Essais	**Normes**
Essai Proctor normal et modifié	N P 94-093
Portance CDR imbibé et immédiat	N F P 94-078

Tableau. 3 localisation des puis de reconnaissances

PuitN°	PK	Hauteur	X	Y
1	0+000	3	151 268,4147	3 893 131,7800
2	5+000	3	155 625,7694	3 890 941,6808
3	10+000	3	158 005,5153	3 886 650,8263

Résultat De Puits De Reconnaissance :

Tableau. 4. Les essais physiques

PK	Granulométrie (%)			Limite d'Atterberg (%)			VBS	Teneur en eauWn(%)
	D_{max}(mm)	<2mm	<0.08mm	WL(%)	WP(%)	IP(%)		
0+000	35	45	42	28.8	18	10.8	1	10.3
5+000	45	78	74	43.4	23.9	19.5	2.26	14.5
10+000	43	79	74	43.1	23.8	19.3	1.23	17.6

Tableau. 5. Les essais mécaniques

PK	Proctor modifiée		Proctor normal		CBR
	W_{opt} (%)	γ_{opt} (KN/m^3)	W_{opt} (%)	γ_{opt} (KN/m^3)	
0+000	9.8	1.96	12.10	1.84	7.5
5+000	15.9	1.8	17.5	1.71	6.5
10+000	15.3	1.74	18	1.64	16.5

V. CLASSIFICATION DES SOLS :

V.1. Classification GTR :

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories :

Paramètres de nature, Ce sont la granularité et l'argilosité ;
Paramètres d'état :

- État humide (h) ;
- État très humide (th) ;
- État humide moyenne (m) ;
- État sec (s) ;

- État très sec (ts).

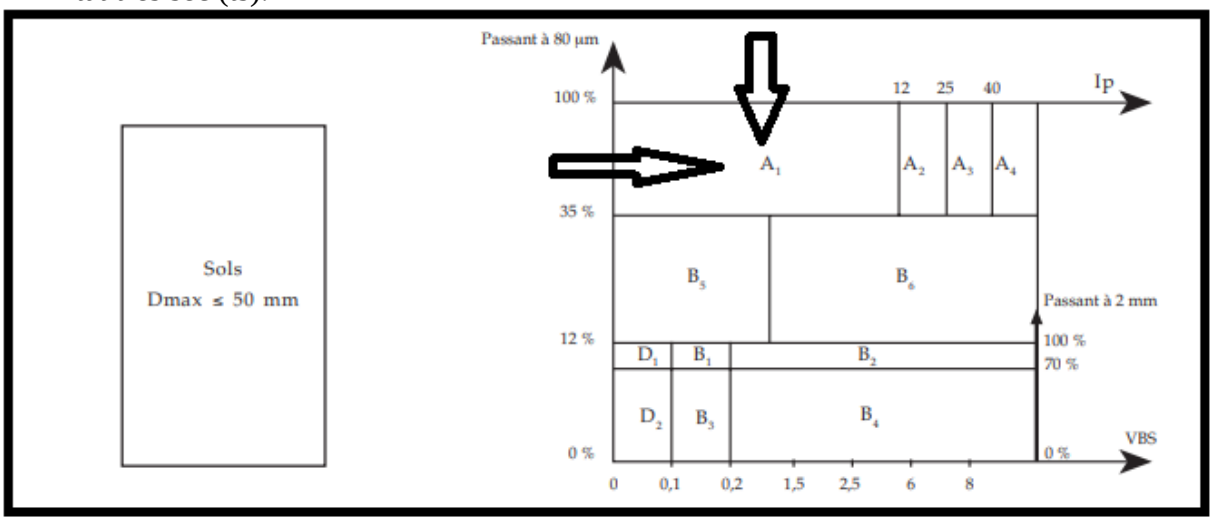


Figure 2. Abaque de la classification GTR

Tableau. 6. Tableau de classification GTR

PK	Condition	Classification GTR	Nature de sol
0+000	Dmax<50mm et tamisat à 80µm>35% VBS<2.5 0.7 W_{opt}<Wn<0.9 W_{opt}	A1s	Argile Sableuse
5+000	Dmax<50mm et tamisat à 80µm>35% VBS<2.5 0.7 W_{opt}<Wn<0.9 W_{opt}	A1s	Argile peu plastique
10+000	Dmax<50mm et tamisat à 80µm>35% VBS<2.5 0.9 W_{opt}<Wn<1.10 W_{opt}	A1m	Argile peu plastique

Tableau. 7. Classification selon état hydrique

Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe
Dmax ≤ 50mn et tamisat à 80µm > 35 %	A sols fins	VBS ≤ 2,5 ou I_p ≤ 12	A_1 Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...	Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w_n est proche de w_{OPN}. Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité, le temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l'Ip.	IPI ≤ 3 ou $w_n \geq 1{,}25\ w_{OPN}$	A_1th
					3 < IPI ≤ 8 ou $1{,}10\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}25\ w_{OPN}$	A_1h
					8 < IPI ≤ 25 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}10\ w_{OPN}$	A_1m
					$0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_1s
					$w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_1ts
		12 < I_p ≤ 25 ou 2,5 < VBS ≤ 6	A_2 Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes...	Le caractère moyen des sols de cette sous - classe fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée). Dès que l'Ip atteint des valeurs ≥ 12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté.	IPI ≤ 2 ou Ic ≤ 0,9 ou $w_n \geq 1{,}3\ w_{OPN}$	A_2th
					2 < IPI ≤ 5 ou 0,9 < Ic ≤ 1,05 ou $1{,}1\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}3\ w_{OPN}$	A_2h
					5 < IPI ≤ 15 ou 1,05 < Ic ≤ 1,2 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}1\ w_{OPN}$	A_2m
					1,2 < Ic ≤ 1,4 ou $0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_2s
					Ic > 1,4 ou $w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_2ts
		25 < I_p ≤ 40 ou 6 < VBS ≤ 8	A_3 Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...	Ces sols sont très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et de manipulation en laboratoire). Leur perméabilité très réduite rend leurs variations de teneur en eau très lentes, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.	IPI ≤ 1ou Ic ≤ 0,8 ou $w_n \geq 1{,}4\ w_{OPN}$	A_3th
					1 < IPI ≤ 3 ou 0,8 < Ic ≤ 1 ou $1{,}2\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}4\ w_{OPN}$	A_3h
					3 < IPI ≤ 10 ou 1 < Ic ≤ 1,15 ou $0{,}9\ w_{OPN} \leq w_n < 1{,}2\ w_{OPN}$	A_3m
					1,15 < Ic ≤ 1,3 ou $0{,}7\ w_{OPN} \leq w_n < 0{,}9\ w_{OPN}$	A_3s
					Ic > 1,3 ou $w_n < 0{,}7\ w_{OPN}$	A_3ts
		I_p > 40 ou VBS > 8	A_4 Argiles et argiles marneuses, très plastiques...	Ces sols sont très cohérents et presque imperméables : s'ils changent de teneur en eau, c'est extrêmement lentement et avec d'importants retraits ou gonflements. Leur emploi en remblai ou en couche de forme n'est normalement pas envisagé mais il peut éventuellement être décidé à l'appui d'une étude spécifique s'appuyant notamment sur des essais en vraie grandeur.	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	A_4th
						A_4h
						A_4m
						A_4s

V.2.Classification du sol selon LCPC :

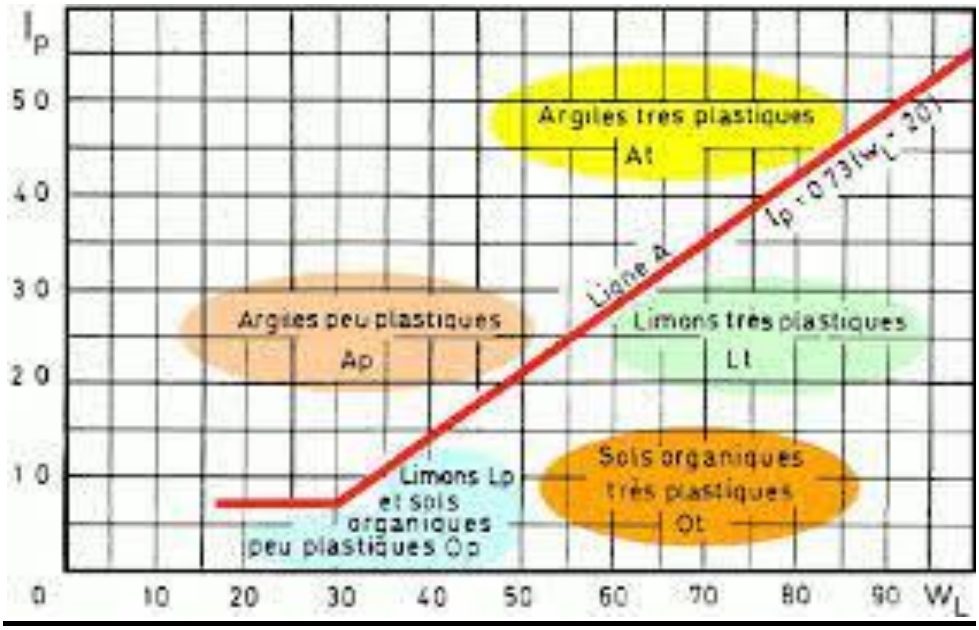


Figure 3. Diagramme de CASAGRANDE

Tableau. 8. Classification LCPC

PK	Condition	Classification LCPC	Nature De Sol
0+000	WL=28.8 ; IP=10.8	AP	Argile peu plastique
5+000	WL=43.4 ; IP=19.5	AP	Argile peu plastique
10+000	WL=43.1 ; IP=19.3	AP	Argile peu plastique

VI. Stabilité des talus

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude est caractérisé par une succession de remblais et de déblais. Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé de l'autoroute en zone vallonnée induisent à la nécessité d'exécution de terrassements de grande magnitude, de ce fait une étude de stabilité de talus, que ce soit dans le cas d'un remblai ou d'un déblai, doit être établie pour identifier tout type de risque mis en jeux par la construction de ces ouvrages.

VI.1.ANALYSE DE LA STABILITE

Les calculs à la rupture sont des calculs dans lesquelles on suppose que lors d'un glissement de terrain, il y a séparation d'une masse mobile, du massif stable et sain le long d'une surface de rupture. Pour évaluer la stabilité des talus par une méthode à l'équilibre limite, il existe des méthodes linéaires et non linéaires.

Les méthodes linéaires sont des méthodes directes de calcul de FS, on détermine les forces motrices et les forces stabilisatrices à la fin on calcule le coefficient de sécurité par la formule suivante :

$$Fs = \frac{\text{Fresistant}}{\text{Fmotrice}}$$

VI1.2.ANALYSE DE STABILITE DU DEBLAI

L'inclinaison des talus de déblais a été définie en fonction de plusieurs aspects comme la hauteur des déblais, la nature et résistance du terrain, la stabilité long terme.

On va traiter le cas du déblai le plus défavorable, qui a une hauteur de **16.47m** situé au **PK 9+950**

Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

• Le déblai a été modélisé avec une inclination de 3H /2V ;

• Les surfaces de ruptures supposées circulaires ;

• L'aspect sismique a été pris en considération et model.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et les expériences des travaux.

VI.1.2.1.Présentation du logiciel de calcul : geo structural analysis slopes tability

C'est un logiciel qui analyse la stabilité des terrains et détermine la surface de rupture potentielle. Il se base sur la méthode des tranches et donne un coefficient de sécurité pour l'ensemble des zones étudiées.

Tableau facteur de sécurité admissible

Catégorie	Facteur de sécurité
Long terme	Fs>1.5
Cas sismique	Fs>1

VI.1.2.2.Résultats des sondages carottés :

Tableau. 9 caractéristique géotechnique de déblai

N° de déblais	Pk	Hauteur	Nature de sol	Epaisseur (m)	γ (KN/m^3)	φ °	C (KPa)
1	9+950	16.47	Argile Friable	8	20	20	50
			Gravier et galet	9	20	32	10
			Argile jaune compacte	3	20	25	50

Le paramètre sismique est un facteur déterminant dans le calcul des structures à long terme, de ce fait, la sismicité de la zonede projet doit être déterminée en se référant aux règles parasismiques algériennesRPA99/version2003.

Le projet de la liaison autoroutière doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :
Groupe1A :Ouvrages d'importance vitale,
Groupe1B : Ouvrages de grande importance,
Groupe2:Ouvrages courants ou d'importance moyenne,
Groupe3:Ouvrages de faible importance,

ZONE				
Groupe	**I**	**IIa**	**IIb**	**III**
1A	**0,15**	**0,25**	**0,30**	**0,40**
1B	**0,12**	**0,20**	**0,25**	**0,30**
2	**0,10**	**0,15**	**0,20**	**0,25**
3	**0,07**	**0,10**	**0,14**	**0,18**

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Sidi Bel Abbes à la **ZoneI,** le coefficient d'accélération à prendre en compte est**A = 0,12**, avec:

-kh = 0,5 A (%g) = 0.06
-kv = ± 0,3 kh = 0.018

VI.1.2.3.Application sur logiciel

- La pente des talus est de 3H/2V avec une berme de 3m chaque 6m de hauteur

Cas statique FS=1.99>1.5 alors est vérifié la condition il est stable

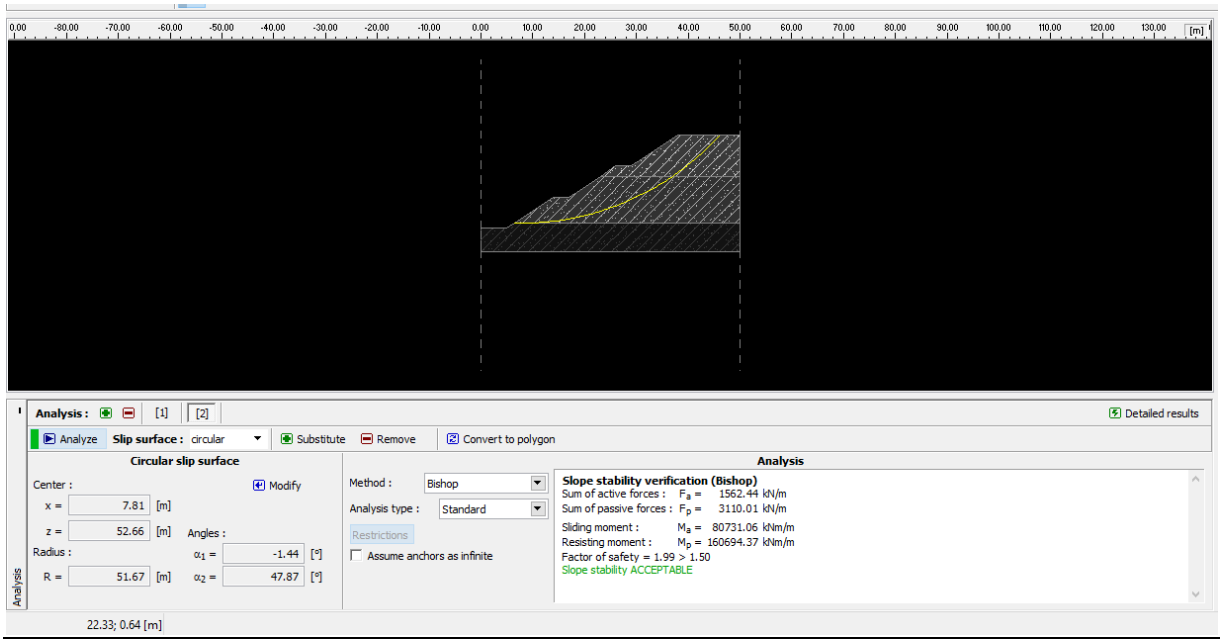


Figure 4 Resultat Logiciel Cas Statique Deblai

Cas dynamique Fs =1.74>1 alors il vérifie la condition il est stable

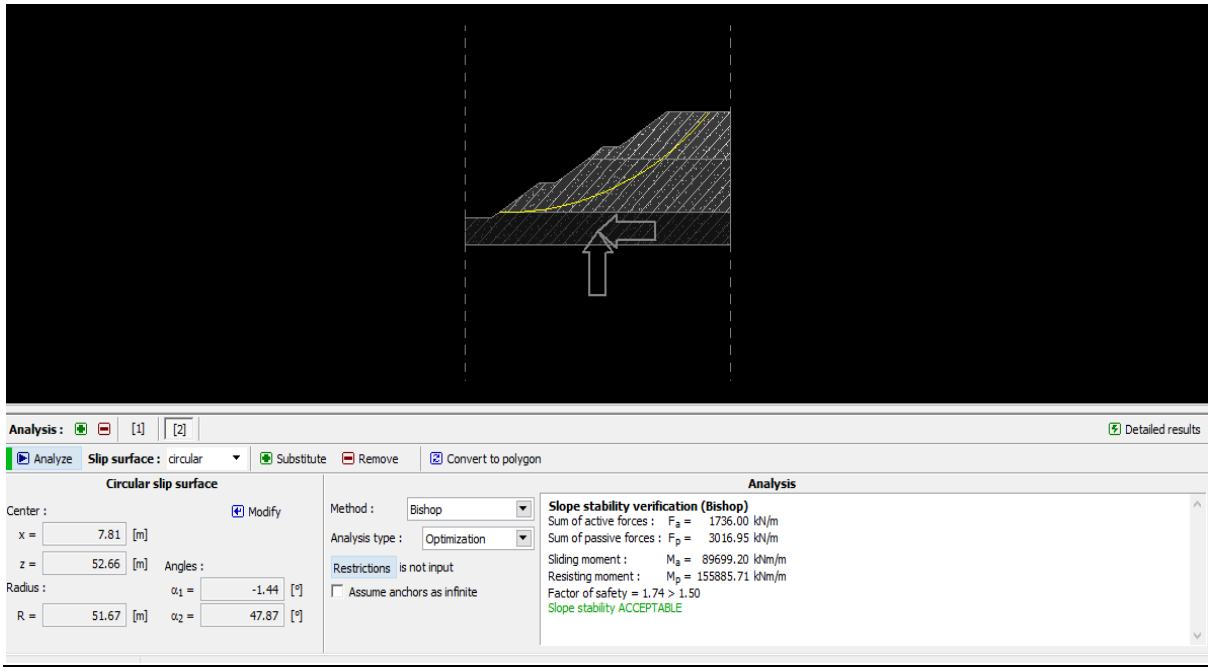


Figure 5 résultats logiciel cas dynamique déblai

VI.1.3 Analyse De Stabilité Du Remblai

On travaille sur cas plus défavorable de remblai de 14m avec caractéristique de remblai γ=20 KN/m3. Φ= 30 et C=5kpa

Pente de 2H/1V avec berme de 3m chaque 8m de hauteur

Cas Statique

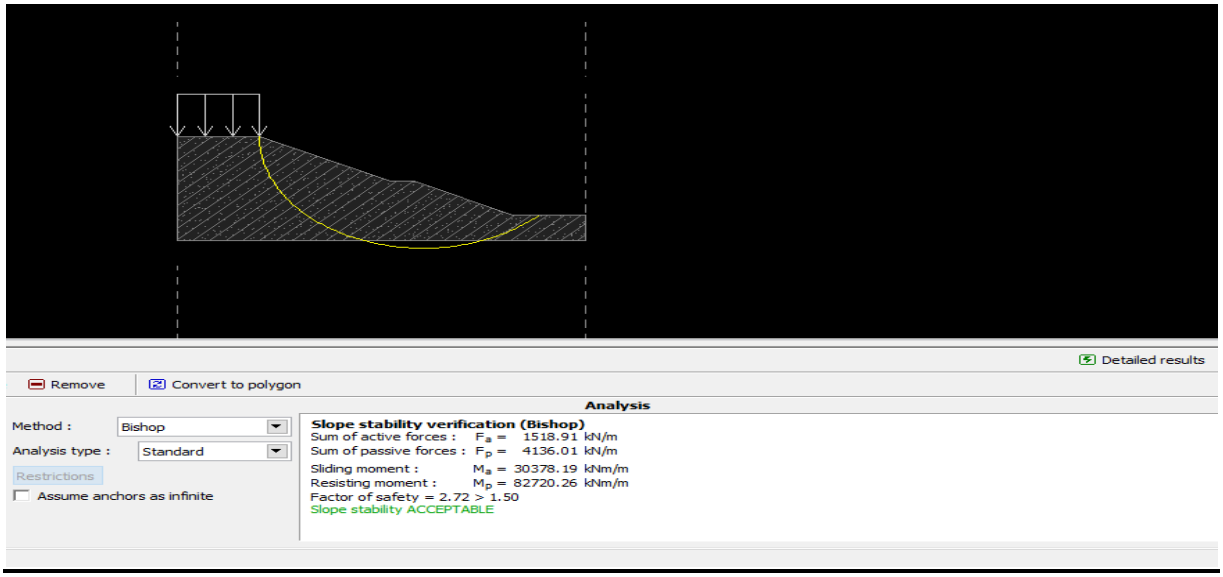


Figure 6 résultat logiciel cas statique remblai

Fs=2.72>1.5 condition vérifie alors le terrain est stable

Cas dynamique

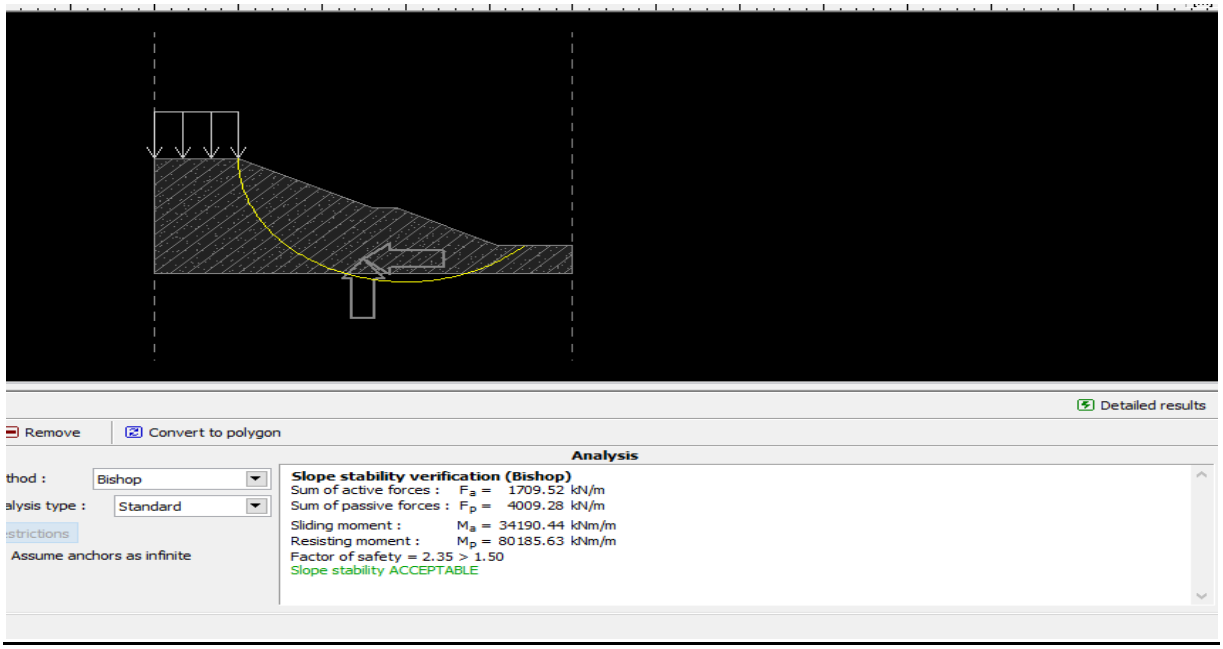


Figure 7 résultat logiciel cas dynamique remblai

Fs=2.35 > 1condition est vérifié alors le terrain est stable

VII. CONCLUSION :

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie de notre sol est constitué des argiles limon peu plastique.

La réalisation d'une couche de forme est nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée pour les sols de portance moyenne à mauvaise.

Concernant les matériaux réutilisables, le taux de réutilisation est fait par la décision du projeteur selon l'observation des visites du site, les résultats des sondages et essais géotechniques.

Lors de cette étude, nous avons constaté que les hauteurs des remblais/déblais sont assez grandes et donc nous étions obligés d'étudier la stabilité des talus par le logiciel geostructural analysis slope stability.

Les talus de déblai et remblai doivent être protégés au moyen d'une couverture végétale.

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE

I. INTRODUCTION :

Le dimensionnement d'une chaussée vise à déterminer les épaisseurs des différentes couches de matériaux qui la composent, afin qu'elle puisse résister aux contraintes mécaniques causées par le trafic tout au long de sa durée de vie. Ces contraintes se manifestent par :

▪ Un endommagement progressif conduisant à la rupture par fatigue.

▪ Une accumulation de déformations permanentes conduisant à un orniérage excessif.

Une fois construite, l'autoroute doit pouvoir supporter les contraintes extérieures telles que les variations de température, la pluie, la neige, ainsi que les charges exercées par les véhicules, en particulier les poids lourds.

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

II. DESCRIPTION DE LA METHODE PAR APPLICATION AU PROJET

II.1 Les données climatiques

- **Classification de la zone d'étude :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique II

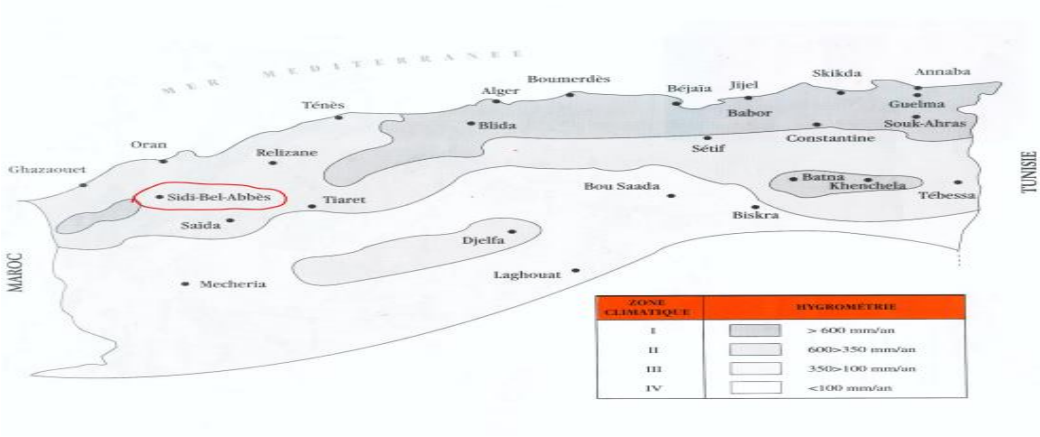


Figure 1 : la carte climatique de l'Algérie

- **La température équivalente :**

Selon le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, page 15, la température équivalente de la wilaya de Sidi Belabas, qui se trouve dans la zone Il, est de 20 °C.

Tableau 1: les températures équivalentes

Zone climatique			
Température Équivalente Θéq(°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

II.2 Détermination du corps de chaussée

➢ **Type de réseau principal :**

- Tant tenu du trafic dont on dispose qui est égal à 12600 v/j donc > à 1500 v/j
- Notre projet relie la wilaya de sidi belabes à Celle de saida donc c'est une liaison de deux chefs-lieux de wilaya
- Ce présent projet est d'une importance économique et socioéconomique importante et l'opportunité de ce projet

Cela nous permet de dire que le réseau principal de notre projet est RP1

➢ **Détermination de la classe de trafic TPLi :**

Données du projet :

- ✓ Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2022, TJMA2022= 12600v/j}.
- ✓ Année de mise en service : 2028.
- ✓ L'environnement : E2, catégorie C1.
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : Z = 27.4%.
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : τ = 3.5%.
- ✓ La durée de vie : 20ans.

On a:

$$\mathbf{TPL_{2028} = TJMA_{2028} * Z}$$

$$\mathbf{TPL_{2028} = 15489 * 0.274 * 0.5}$$

$$\mathbf{TPL_{2028} = }$$ **=2122 PL/J/sens/vpc**

Pour une chaussée unidirectionnelle à 3 voies, nous avons 80% du trafic poids lourds sur la voie lente de droite

Donc :

$$\mathbf{TPL_{2028} = 2122 * 0.8}$$

$$\mathbf{TPL_{2028} = }$$ **=1698 PL/J/sens / vpc**

On a un réseau principal numéro 1 (RP1), d'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

On a 1698 appartient [1500-3000] alors : La classe de trafic est TPL6

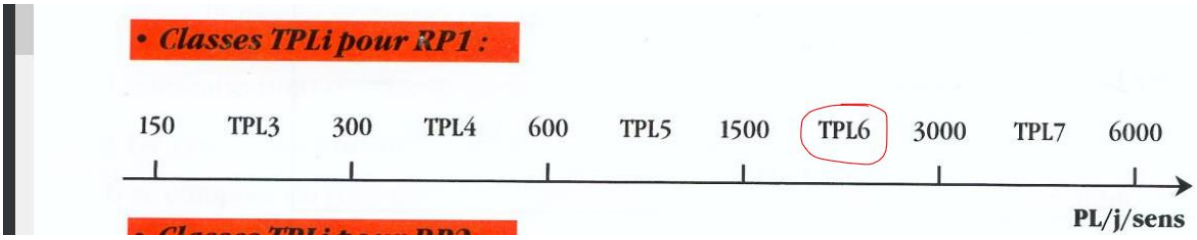


Figure 2: les classes du TPL

- **Le trafic Cumulé des poids lourds TCi :**

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

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

Tel que :

- n : Durée de vie, n=20 ans
- i : taux d'accroissement i=3.5%

$$\mathbf{TCi = 1698 \times \frac{(1+0.035)^{20} - 1}{0.035} \times 365}$$

$TCi = 17.523 \times 10^6$ PL/J/sens

- **Le trafic équivalent cumulé :**

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

$$\mathbf{TCE = TPLi \times \frac{(1+i)^n}{i} \times 365 \times A}$$

Tel que : A : coefficient d'agressivité des poids lourds

Ce coefficient est donné dans le tableau suivant selon réseau principal et type de matériaux

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Figure 3 : valeurs du coefficient d'agressivité

Pour notre projet on a RP1 et Chaussée à matériaux traités au bitume donc **A=0.6**

$$\boldsymbol{TCE = 2698 \times \frac{(1+0.035)^n}{0.035} \times 365 \times 0.6}$$

$$\boldsymbol{TCE = 10.516 \times 10^6}$$

- **Classe de portance du sol pour le dimensionnement :**

$$E(MPA) = 5 \times I_{CBR}$$

Tableau 2 : portance du sol en fonction du CBR

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

Pour notre cas, on a un **CBR=6.5** alors **E=32.5MPA**, donc on dispose d'un sol de portance S3

II.3 Amélioration de la portance du sol support

Afin d'améliorer la capacité portante d'un sol, on utilise des couches de forme. Le Centre Technique des Travaux Publics (CTTP) a mené des recherches sur la variation de l'Indice CBR (CaliforniaBearing Ratio) en fonction de différentes épaisseurs de couches de forme, du mode de mise en place (nombre de couches) et de la nature des matériaux utilisés (les plus couramment utilisés en Algérie).

Pour la réalisation de la CF. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

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

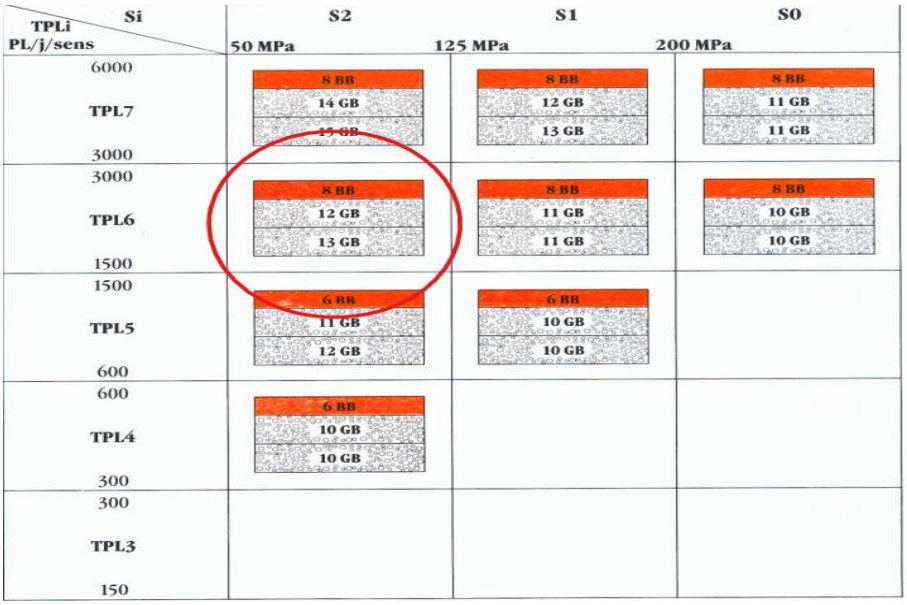
Figure 4 : portance du sol en fonction du CBR

Ainsi, pour renforcer la structure, une couche de forme de 40 cm d'épaisseur composée de matériaux sélectionnés de bonne portance (GNT) est ajoutée. Cette couche est appliquée en deux couches de 20 cm chacune, compactée selon les résultats obtenus grâce au test du Proctor modifié.

II.4 Structure du corps de la chaussée :

Nous sommes dans le réseau principal **RP1**, la zone climatique **II**, durée de vie de **20** ans, taux d'accroissement **3.5%**, portance de sol **S2** et une classe de trafic **TPL6**.

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) nous propose la structure Suivante :



TPLi / PL/j/sens / Si	S2 50 MPa	S1 125 MPa	S0 200 MPa
6000 TPL7 3000	8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
3000 TPL6 1500	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
1500 TPL5 600	6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
600 TPL4 300	6 BB 10 GB 10 GB		
300 TPL3 150			

Figure 5 : Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

- D'après la fiche structure, on choisit (**Variante1)**:

8 BB+12 GB+ 13GB avec une couche de forme de 40 cm de TVC en deux couches.

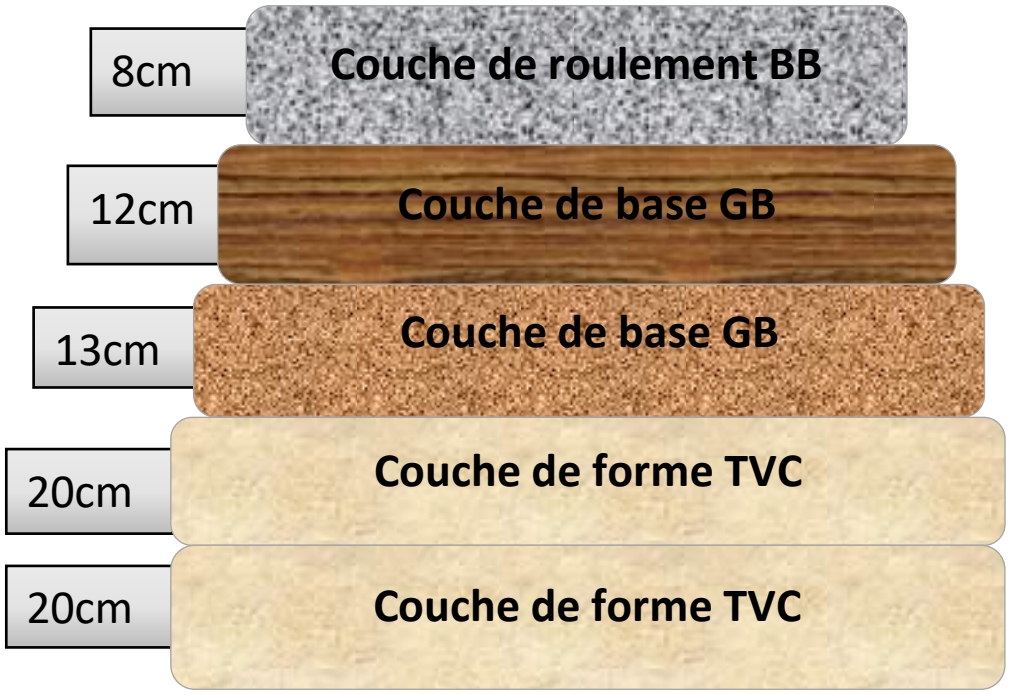


Figure 6 : Structure du corps de chaussée par la méthode du catalogue algérien

- D'après les besoins de notre projet nous avons choisi la structure suivante (**Variante2) :**

8 BB+20GB+ 30GNT avec une couche de forme de 40 cm de TVC en deux couches.

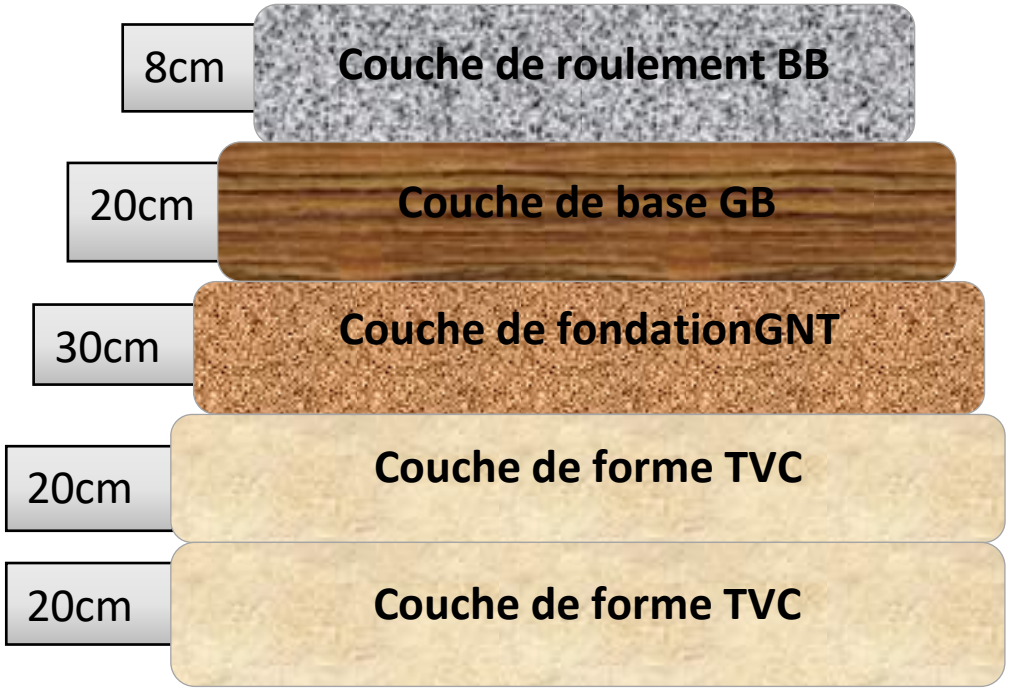


Figure 7 : Structure du corps de chaussée par la supposition

III. CALCUL DES DEFORMATIONS ADMISSIBLES

III.1 Calcule de la déformation admissible sur le sol support ξz,ad

A partir les études sur des chaussées algériennes on a la relation empirique suivante :

$$\xi_{Z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

$$\xi_{Z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (10.516 \times 10^{6})^{-0.235}$$

$$\xi_{Z,ad} = 4.92 \times 10^{-4}$$

III.2 Calcule de la déformation admissible $\xi_{t,adm}$ à la base de GB

Les déformations admissibles de traction $\xi_{t,adm}$ à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

$$\xi_{t,adm} = \xi_{6}(10°C, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

KΘ: facteur lie à la température, $k\Theta = \sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}}$,avec :

- E(10°C) : Module complexe de matériau bitumineux à 10°C ;

- E(θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalent.

• Kne: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, Kne = $(\frac{TCEi}{10^6})^b$

• Kr: facteur lié au risque et aux dispersions, Kr = $10^{-tb\delta}$, avec :

δ: f (dispersion), δ = $\sqrt{SN^2 + \frac{C}{b}Sh^2}$,

Avec :

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

• Kc: facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée avec

• ξ_6 (10°,25Hz): déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une Probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

➢Application numérique

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure 8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

ξ_6 (10°,25Hz)=100

Kne = $(\frac{TCEi}{10^6})^b$=ghtq -1/b=6.84, b=-0.146 → Kne = = $(\frac{\mathbf{10.516\times10^6}i}{10^6})^{-0.146} = 0.71$

kΘ = $\sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}}$tq Θeq=20°C , E(20C°,10Hz) =7000Mpa et E(10C°,10Hz) =12500Mpa

→ kΘ = $\sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$

• kr = $10^{-tb\delta}$ tq t=-1.645 acec r=5%

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure 9 : valeurs de t=ƒ(r%)

$\sqrt{SN^2 + \frac{C}{b}Sh^2} = \sqrt{0.45^2 + \frac{0.02}{-0.146}\ 3^2}$=0.61

→Kr=$10^{-1.645\times0.146\times0.61}$ =0.713

• Kc=1.3

$\xi_{t,adm} = \xi_6(10°C, 25Hz) \times$ kne $\times$ k$\square$ $\times$ kr $\times$ kc=100$\times 10^{-6} \times 0.71 \times 1.33 \times 0{,}713 \times 1.3$

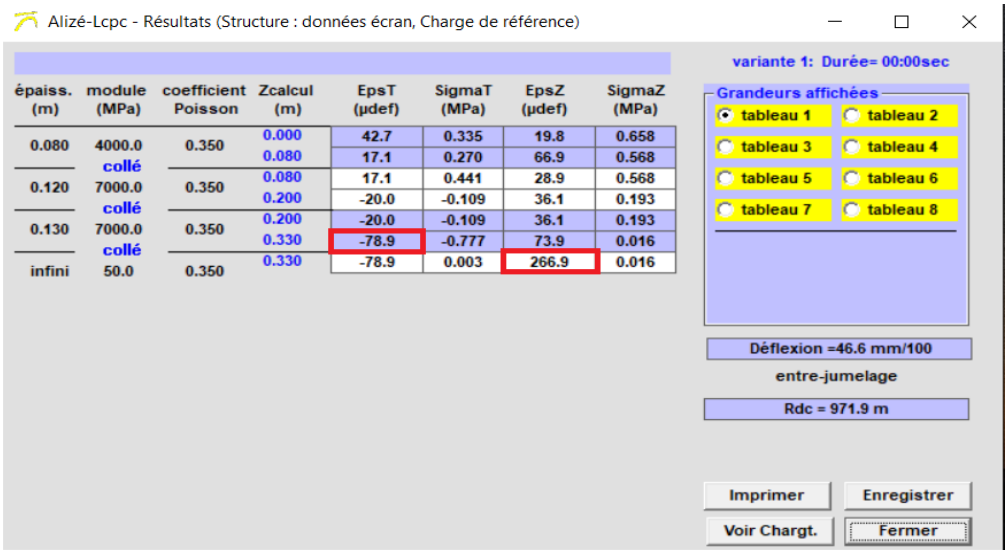
$$\xi_{t,adm} = \mathbf{87.5 \times 10^{-6}}$$

III.3 Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC (variante1 et variante2)

Le logiciel ALIZE-LCPC est le programme de référence utilise pour les calculs de dimensionnement des chaussées. Donc à l'aide d'Alizé LCPC, on vérifie que :

$\xi_{t,}<\xi_{t,adm}$

$\xi_{Z}<\xi_{Z,ad}$



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	4000.0	0.350	0.000	42.7	0.335	19.8	0.658
	collé		0.080	17.1	0.270	66.9	0.568
0.120	7000.0	0.350	0.080	17.1	0.441	28.9	0.568
	collé		0.200	-20.0	-0.109	36.1	0.193
0.130	7000.0	0.350	0.200	-20.0	-0.109	36.1	0.193
	collé		0.330	-78.9	-0.777	73.9	0.016
infini	50.0	0.350	0.330	-78.9	0.003	266.9	0.016

Figure 10 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) Variant1

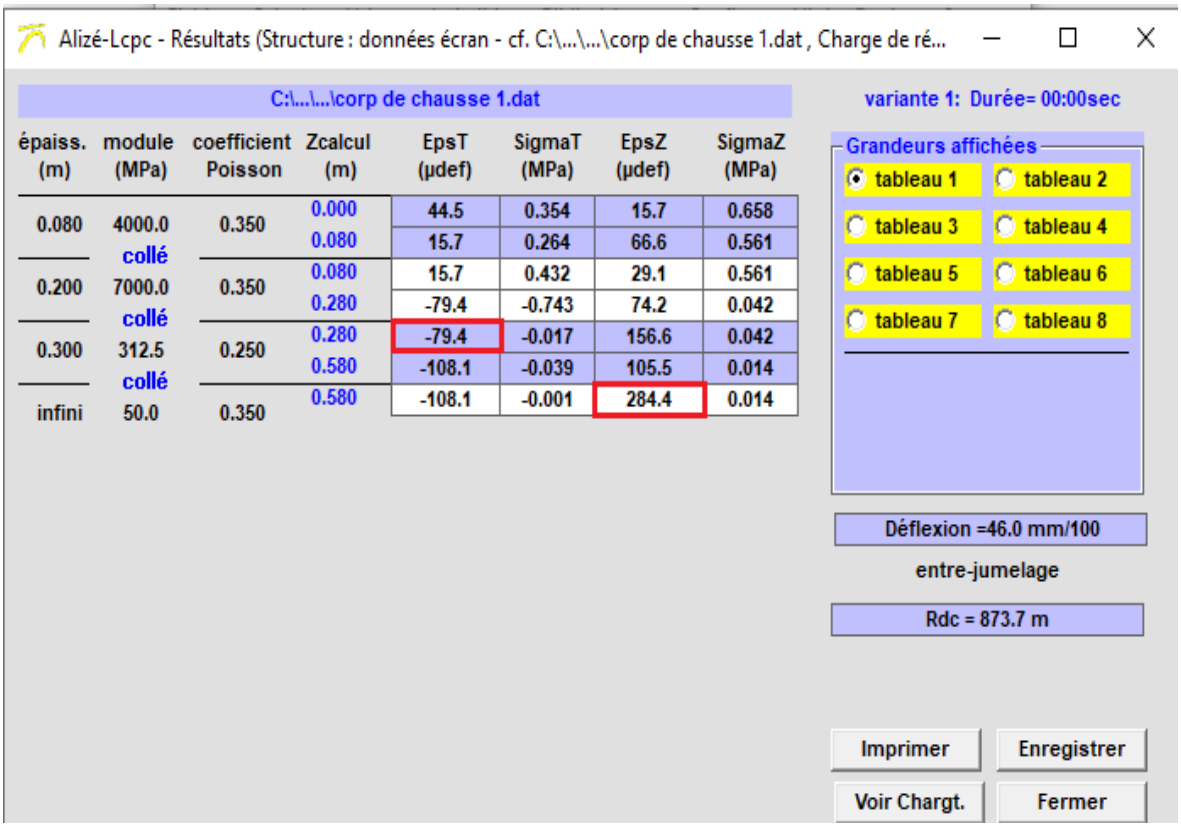


Figure 11 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) Variant2

Tableau 3 : Comparaison des déformations admissibles (Varainte1)

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ξz	266.6×10^{-6}	492×10^{-6}
$\xi_{t,}$	-78.9×10^{-6}	87.5×10^{-6}

La structure(Variant1**) est donc vérifiée**

Tableau 4: Comparaison des déformations admissibles (Variante2)

	Déformations calculées	**Déformations admissibles**
ξz	284.4×10^{-6}	492×10^{-6}
$\xi_{t,}$	79.4×10^{-6}	87.5×10^{-6}

La structure(Variant2**) est donc vérifiée**

Donc en choisir la variante 2

IV. CONCLUSION :

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est basée sur des lois de comportement de la structure et tient compte des paramètres de trafic, du climat, des matériaux ainsi que des normes en vigueur en Algérie. Par conséquent, nous avons choisi d'adopter les épaisseurs de la chaussée recommandées par cette méthode. Après avoir vérifié les déformations et les avoir comparées aux valeurs admissibles, la structure retenue est :

8 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 TVC

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

I. INTRODUCTION :

L'assainissement routier est un élément essentiel dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires. Les ouvrages hydrauliques doivent faire l'objet d'un dimensionnement garantissant le bon rétablissement des écoulements naturels, évitant ainsi l'inondation et l'érosion des terrains avoisinant le projet d'un côté ; et d'un autre côté assurant la stabilité de l'ouvrage lui-même vis-à-vis des infiltrations qui peuvent nuire à la portance du corps de chaussée.

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers des exutoires. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels).

Un réseau mal conçu induira des désordres de surface (débordements des ouvrages, inondations…), des désordres structurels importants de la chaussée sur le moyen terme. Ces situations sont des facteurs aggravants pour la sécurité des usagers et l'intégrité de la route. Par ailleurs, tout écoulement routier transféré hors plateforme n'est pas neutre pour l'environnement.

II. OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- Eviter que l'eau stagne sur la chaussée afin d'éviter les problèmes d'aquaplanage.
- Drainer l'eau qui s'infiltre dans le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- La protection des ressources en eau et des écosystèmes, qui entrent dans le cadre du développement durable.
- Réduire le coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions des sols.
- Maintenir une bonne condition de viabilité.

III. 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 permis de dimensionner l'ouverture des nombreux passages hydrauliques sous-autoroutiers, qu'ils s'agissent de ponts, ponceaux, buses ou dalots.
Bien que l'objectif recherché de l'étude hydrologique concerne l'estimation des crues de projet pour les ouvrages de drainages, l'étude doit couvrir aussi tous les aspects de l'hydrologie, y compris les précipitations et les facteurs influençant les relations pluie - débit. Pour l'estimation des débits de dimensionnement des différents ouvrages, la priorité devrait être évidemment donnée à l'étude statique des crues des oueds ou les données de débits sont disponibles.

III.1.Délimitation Des Bassins Versants :

Bassin versant, c'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crête ou ligne de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

Le bassin de drainage d'un oued, a une fonction de collecteur, il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire. Cette transformation est en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant.

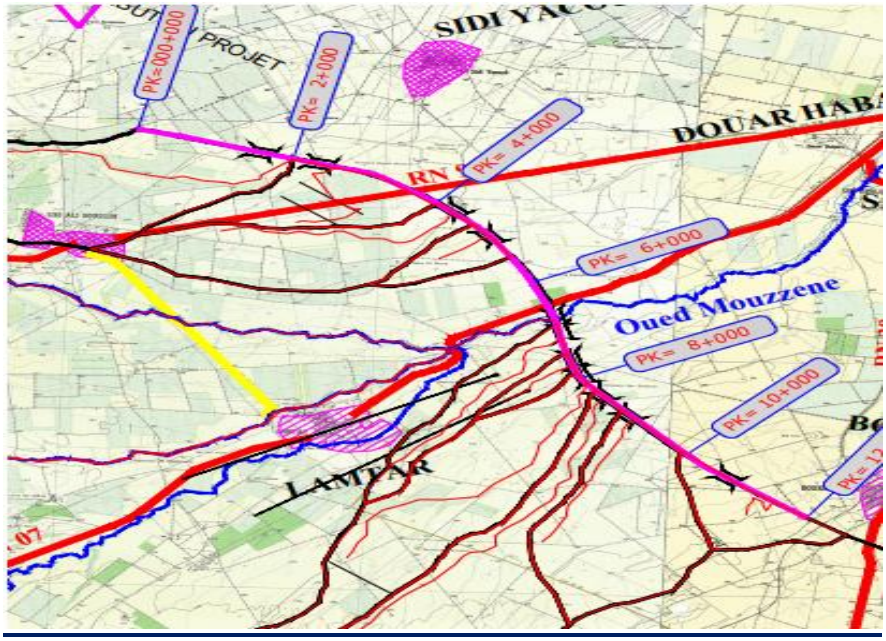


Figure 1 capture d'écran de la carte d'état-major et notre tracé

III.2. Caractéristiques Physiques Des Bassins Versants :

Tableau. 1 Caractéristiques morpho-métriques des bassins versants.

N°	PK	Surface A (km²)	Longueur du court d'eau L (km)	H_{max}(m)	H_{min}(m)	Pente
BV1	PK 1+975	8.45	2.32	680	580	0.043
BV2	PK 2+350	2.63	1	588	568	0.020
BV3	PK4+00	4.19	1.35	592	565	0.020
BV4	PK4+650	0.892	0.75	576	565.5	0.014
BV5	PK 6+567	295.41	13.625	674	542	0.010
BV6	PK 6+925	1.69	0.76	573	550	0.030
BV7	PK 7+575	0.49	1.06	565	560	0.005
BV8	PK 7+925	6.87	5.08	591	558	0.006
BV9	PK 8+350	15.63	9.76	643	558	0.009
BV10	PK 8+925	5.56	2.74	596	564	0.012
BV11	PK 10+750	1.7	0.5	588	585	0.006

IV. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

L'étude hydrologique consiste à la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses…).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants :

- Données topographiques.
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/50000.

IV.1. Estimation des débits de crues:

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée la méthode rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe :

Qa = Qs ; Avec Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3 /s).
Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m3 /s).

IV.2. Débits d'apports :

Le débit d'apport est calculé en appliquant la méthode rationnelle :

$$Q_a = K.C.I.A$$

- K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).
- I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : aire du bassin versant (m2). Remarque : D'après SETRA, la formule : Qa=K.C.I.A est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :
- En (m3 /s) valable pour : I en (mm/h), A en (km2) et K= 0.278.
- En (l/s) valable pour : I en (mm/h) ; A en (ha) et K= 2.78.

NB :

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

IV.3. Temps de concentration :

C'est le temps que mettra la première goutte tombée au point hydrologiquement le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire. La valeur du temps de concentration dépend de la morphologie du bassin versant naturel. Il est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIANDOTTI. Comme suit :

1- La formule de VENTURA lorsque A < 5 km² :

$$\mathbf{Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}}}$$

2- La formule de PASSINI lorsque 5km² ≤ A < 25 km² :

$$\mathbf{Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}}}$$

3- La formule de GIANDOTTI lorsque 25 km² ≤ A < 200 km² :

$$\mathbf{Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{Hmoy}}}$$

- Tc : Temps de concentration (heure).
- A : Superficie du bassin versant (km^2).
- L : Longueur de bassin versant (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (km).

IV.4. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Il est choisi compte tenu de la nature du bassin versant en particulier de sa couverture du type de sol, de la pente, ainsi qu'en fonction du temps de retour de l'événement.

Le coefficient de ruissellement dépend des caractéristiques et conditions d'infiltration du sol l'intensité de précipitation de la proximité de la nappe phréatique du degré de compactage du sol de sa porosité du couvert végétal de la typologie d'occupation de la pente du bassin de la récurrence etc….

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

- C1 : dépendant de la pente du bassin versant.
- C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Coefficient C1 :

Pente	**C1**		
≤ 3.5 %	0.01	0.03	**0.05**
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	**0.10**
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35 %	0.22	0.26	0.30

Coefficient C2 :

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu perméable	0.10	0.15	0.20
Perméable	0.06	0.08	**0.10**
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Coefficient C3 :

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.17	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêt et territoire sableux	0.03	0.04	**0.05**

IV.5. Intensité de pluie I(t) :

La détermination de l'intensité de la pluie par la formule de Montana :

$$I(t.T) = \frac{a(T)}{t^b}$$

Avec :

- I(t,T) : Intensité de pluie exprimée en mm/h;
- T : période de retour exprimée en années ;
- t =Tc : temps de l'averse égal au temps de concentration (h);
- « a » et « b » : paramètres de Montana avec b=0.60.
- Le paramètre « a » pour les différentes fréquences sont :

Tableau. 2Valeurs du paramètre de montana « a »

b = 0.60						
T (ans)	2	5	**10**	20	**50**	**100**
a (T)	12.10	17.60	**21.20**	24.70	**29.20**	**32.60**

Application :

BV2 :

- **Coefficient De Ruissellement :**

P=0.02<0.035 donc : C1=0.05

La nature du sol (perméabilité) : Perméable C2=0.1

La couverture végétale du bassin versant : foret et territoire sable : C3=0.05

$$\mathbf{C=C1+C2+C3=0.2}$$

- **Temps De Concentration :**

1- La formule de VENTURA lorsque A < 5 km² :

$$\mathbf{Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}}}$$

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{2.63}{0.02}} = 1.456 \text{ h}$$

- **Intensité De Pluie I(t) :**

$$\mathbf{I(t.T) = \frac{a(T)}{t^b}}$$

$$I(t.10) = \frac{21.2}{1.456^{0.6}} = 16.92\ mm/h$$

$$I(t.50) = \frac{29.2}{1.456^{0.6}} = 23.3\ mm/h$$

$$I(t.100) = \frac{32.6}{1.456^{0.6}} = 26.02\ mm/h$$

- **Débits d'apports :**

$$\mathbf{Q_a = K.C.I.A}$$

Q_{10}=0,278*0,2*16,92*2,63=2,47
Q_{50}=0,278*0,2*23,3*2,63=3,4
Q_{100}=0,278*0,2*26,02*2,63=3,8

IV.6.Résultats de calcul des débits de notre projet :

Le tableau ci-dessous résume les résultats des calculs des débits pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans :

Tableau. 3Débits max des bassins versants pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans

N°BV	PK (ml)	Tc (h)	I 10 (mm/h)	I 50 (mm/h)	I 100 (mm/h)	Q 10 (m^3/s)	Q 50 (m^3/s)	Q 100 (m^3/s)
BV1	PK 1+975	1.403	17.305	23.835	26.610	10.163	13.998	15.628
BV2	PK 2+350	1.456	16.919	23.304	26.017	2.474	3.408	3.804
BV3	PK 4+00	1.838	14.713	20.265	22.625	3.428	4.721	5.271
BV4	PK 4+650	1.014	21.027	28.962	32.334	1.043	1.436	1.604
BV5	PK 6+567	4.120	9.066	12.487	13.941	148.901	205.090	228.970
BV6	PK 6+925	0.953	21.818	30.052	33.551	2.050	2.824	3.153
BV7	PK7+575	1.294	18.159	25.012	27.924	0.495	0.681	0.761
BV8	PK 7+925	4.379	8.740	12.038	13.440	3.338	4.598	5.134
BV9	PK 8+350	6.184	7.105	9.787	10.926	6.175	8.505	9.495
BV10	PK 8+925	2.477	12.301	16.943	18.916	3.803	5.238	5.847
BV11	PK10+750	2.138	13.439	18.510	20.666	1.270	1.750	1.953

IV.7. Estimation des débits de saturation Qs :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de Manning Strickler.

$$Q_s = Kst.I^{1/2}.RH^{2/3}.Sm$$

- Qs: Débit de saturation m3 /s.
- I : pente longitudinale de l'ouvrage.
- RH: Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).
- Sm: surface mouillée (m^2).
- Kst: coefficient de rugosité qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

Tel que :

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

Pour que l'ouvrage soit capable d'acheminer l'eau de ruissellement en toute sécurité, il faut vérifier que :

$$Q_a \leq Q_s$$

IV.8. Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Qa soit inférieur à Qs, donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

Exemple de calcul :

Calcul du diamètre de la buse :

Pour :**BV N°=4 ; S=0.892 Km² ; L=0.75Km ; Tc=1.014 h ; I 10=21.02 mm/h ; Q10= 1.043 m3/s.**

Pour le dimensionnement des buses, on prend : **Qa = Qs** ;
Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$\mathbf{Q_a = Q_s = S_m * K_{st} * RH^{2/3} * I^{1/2}}$$

$$\mathbf{S_m = \pi . R^2} \quad ; \quad \mathbf{P_m = 2 * \pi * R} \quad ; \quad \mathbf{RH = R/2}$$

Avec : **R : rayon de la buse**.

Donc on aura cette formule pour tirer R :

$$\mathrm{Q_a} = \mathbf{(\pi . R^2) * K_{st} * RH^{2/3} * I^{1/2}}$$

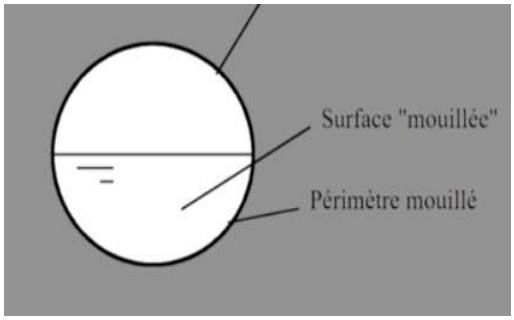


Figure 2. Caractéristiques d'une buse

On prend la pente de pose de l'ouvrage hydraulique à I =1% ;

$$R = \left(\frac{\mathrm{Q_a}}{\mathrm{K_{st}} * \pi * 0.5^{\frac{2}{3}} * \mathrm{I}^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/8} = \left(\frac{1.043}{80 * \pi * 0.5^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/8} = 0.360\ m$$

Le débit est assuré pour un diamètre : **Ø = 2*R = 720 mm.**

- Donc pour le BV N°=4, on prend une buse de diamètre **Ø =1000mm.**

Conditions d'auto-curage :

Dans le cas des eaux pluviales, les conditions d'auto-curage à vérifier sont les suivantes :

- **V >0.6m/s pour Q = 0.1 Qps**
- **V > 0.3m/s pour Q = 0.01 Qps**

Pour le calcul de Qps on utilise la formule de Chezzy :

$$\mathbf{Q_{ps} = \frac{1}{n} * RH^{2/3} * S * I^{1/2} = 80 * \frac{1^{2/3}}{4} * \frac{\pi * 1^2}{4} * 0.01^{1/2} = 2.5\ m^3/s}$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{2.5 * 4}{\pi * 1} = 3.18\ m/s$$

▪ Q/Qps = 0.1 ➔V/Vps = 0.64 ➔**V = 2.03 m/s > 0.6 m/s ➔ Condition Vérifiée.**

▪ Q/Qps = 0.01 ➔V/Vps = 0.32 ➔**V = 1.017 m/s > 0.3 m/s ➔ Condition Vérifiée.**

IV.9. Détermination des dimensions du dalot

On prend le cas du BV02 (A= 12.63km², P= 2%, L=1 km, C=0.2 I_{50}=23.3mm/h

Q_{50}=3.4m³/s)

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées pendant le temps de concentration Tc.

La surface mouillée : Sm = 0.8H×B
Le périmètre mouillé : Pm =1.6×H+B
Le rayon hydraulique Rh = Sm/Pm

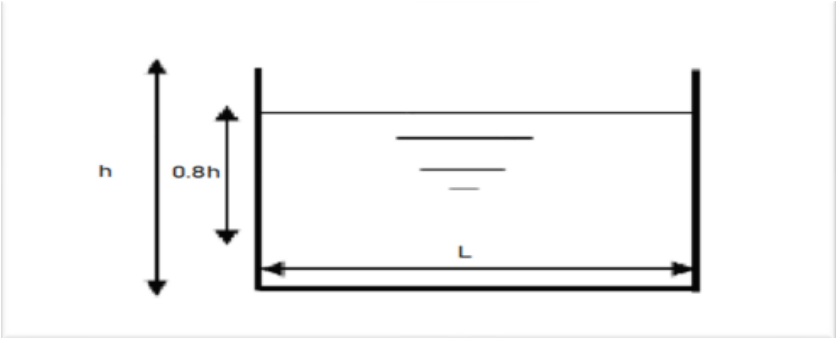


Figure 3. Caractéristiques d'un dalot

$$Q_a = Q_s = K_{st} * RH^{2/3} * I^{1/2}$$

D'où : $H = \frac{1}{0.8*b} * (\frac{Q_a}{Ks*\sqrt{I}})^{3/5} * (1.6 * H + b)^{2/5}$

On Calcul la hauteur h par la méthode d'itération:

$$H_{n+1}=(\frac{Q_a}{Ks*\sqrt{I}})^{3/5} * (1.6 * H + b)^{2/5} * \frac{1}{0.8*b}$$

$$H_0=(\frac{Q_a}{Ks*\sqrt{I}})^{3/5}$$

• Qs: débit de saturation en m3 /s.
• Ks: coefficient de Strickler Ks= 70.
• I : Pente de dalot, On donne I=1% (pente naturelle de lit de l'écoulement)

On fixe b=1.5 m et on fait varier le H pour trouver la valeur proche.

Hi	H_0	H_1	H_2	H_3
Valeurs	0.648	0.783	0.978	1.27

On prend H=1.5 alors le dallot est de dimension **1.5*1.5**

Vérification De La Vitesse :

$$\vartheta = \frac{Q}{Sm} = \frac{3.4}{0.8*1.5*1.5} = \frac{3.4}{1.8} = 1.88m/s < 4m/s \text{ (Vérifié).}$$

Vérification de la hauteur critique :

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^3}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{3.4^3}{9.81*1.5^2}} = 1.21\text{m}<2\text{m} \quad \text{(Vérifié).}$$

IV.10. Résultat récapitulatif de dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau. 4Tableau Récapitulatif De Dimensionnement Des ouvrages hydrauliques

N° BV	PK (ml)	Ouvrage	Dimensions
BV1	PK 1+975	DALLOT	2*2
BV2	PK 2+350	DALLOT	1.5*1.5
BV3	PK4+00	DALLOT	1.5*1.5
BV4	PK4+650	BUSE	Ø 1000
BV5	PK 6+567	PONT	PONT
BV6	PK 6+925	BUSE	Ø 1200
BV7	PK 7+575	BUSE	Ø 1000
BV8	PK 7+925	DALLOT	1.5*1.5
BV9	PK 8+350	DALLOT	2*2
BV10	PK 8+925	DALLOT	1.5*1.5
BV11	PK 10+750	BUSE	Ø 1000

V.SYSTEME DE DRAINAGE LONGITUDINAL:

Le dimensionnement des fossés dépend de profil en long et les points de refoulement (un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

Fossé de pied de talus en déblai :

Ces fossés sont considérés au pied des talus en déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires. En terre et de section trapézoïdale, ils sont bétonnés lorsque la pente du profil en long dépasse les 3%.

V.1. Estimation des débits d'apport :

1- Surface de l'écoulement :

On considère la présence des éléments (chaussée, BAU, berme et talus), en calculant le débit d'apport pour chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

Le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

Qa = Qach+ Q_{bau} + Qab + Qat

Avec :

- $Q_{ach} = K * I * Cch * Ach \rightarrow$ Debit rapporté par la chaussée + BDG
- $Q_{bau} = K * I * C_{BAU} * A_{BAU} \rightarrow$ Debit d'apport de la bau
- $Q_b = K * I * C_b * A_b \rightarrow$ Debit rapporté par la berme
- $Q_b = K * I * C_t * A_t \rightarrow$ Debit rapporté par le talus

V.2. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants :

▪ La pente du bassin versant.
▪ La perméabilité du sol.
▪ La couverture végétale.

Il peut être choisi suivant le tableau ci-dessous :

Tableau 5. Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée

Type De Chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée Revêtement En Enrobés	0.85 à 0.95	0.95
Accotement (Sol Légèrement Perméable)	0.15 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.3
Terrain Naturel	0.05 à 0.20	0.2

a- La chaussée+ BDG :P =2.5% ; C =0.95 :

▪ Ach = 11.5 *1065*10^{-6} = 0.012 Km².
▪ Tc = 0.127 *$\sqrt{0.012/0.025}$= 0.088 h.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

Donc : a(T) = 21.2 ; et b = 0.60 ;

▪ $I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{21.2}{0.088^{0.6}} = 91.12 mm/h$
▪ Qach = 0.278*0.95*91.12*0.26=0.26

b- La bande d'arrêt d'urgence :P = 4% ; C =0.4 :

▪ A_{BAU} = 3*1065*10^{-6} = 3.195*10^{-3}Km².
▪ Tc_{BAU}= 0.127 *$\sqrt{3.195 * 10 - 3/0.04}$= 0.0358h.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

Donc : a(T) = 21.2 ; et b = 0.60 ;

- $I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{21.2}{0.0358^{0.6}} = 156.31 mm/h$
- Q_{BAU} = 0.055m^3/s

c- La berme :

P =8% ; C = 0.4 ;

- Ab = 1*1065*10^{-6}= 1.065*10^{-3} Km².
- Tc = 0.127 x $\sqrt{\frac{1.065*10-3}{0.08}}$ = 0.0146 h.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

Donc : a(T) = 21.2 ; et b = 0.60 ;

$$I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{21.2}{0.014^{0.6}} = 267.74 mm/h$$

Q_b = 0.031m^3/s

d- Le talus :

P = 67% ; C= 0.3 ;

- At = 16.47*1065*10^{-6}= 0.0175 Km².
- Tc = 0.127 x $\sqrt{\frac{0.0175}{0.67}}$= 0.02 h.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

Donc : a(T) = 21.2; et b = 0.60 ;

$$I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{21.2}{0.02^{0.6}} = 221.67 mm/h$$

Q_t = 0.323 m^3/s

Tableau 6. Tableau récapitulatif des résultats des débits

	A(km2)	C	P(%)	Tc	I(mm/h)	Qa (m^3/s)
Chausse +BDG	0.011	0.95	2.5	0.088	91.12	0.26
BDU	3.195*10^{-3}	0.4	4	0.0358	156.3	0.055
Berme	1.065*10^{-3}	0.4	8	0.0146	267.74	0.031
Talus	0.0175	0.3	67	0.02	221.67	0.323

Donc : Qa = Q_{ach}+ Q_{BAU}+Q_{ab} + Q_{at} = 0.669m^3/s

V.3.Calcul du débit de saturation :

Qa = Qs = Sm x Ks x RH$^{2/3}$ x I$^{1/2}$

Ks : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton coulé sur place)

V.4. Calcul de la hauteur h :

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul d'une période de retour de 10ans. On a: Pour les fossés en béton : Kst= 70 et la pente longitudinale de fossé I=25%. On fixe b = 0.5m, et on calcule Qs pour les différentes valeurs de h.

- Sm = b × h + 2(eh/2).
- Pm = b+2.√h² + e².
- $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{b*h+2\frac{e*h}{2}}{b+2*\sqrt{h^2+b^2}}$

On aura :

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

On prend b = 0.5 m et On tire la hauteur h par itération

H_0=0.347
H_1=0.316

Alors on prend **H=0.5**

Pour h =0.5m, on trouve Qs>Qa, Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant. Donc pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien de notre infrastructure, On propose des fossés de dimensions : (b=50cm, h=50 cm).

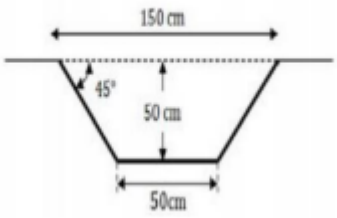


Figure 4 Caractéristique d'une fosse

CHAPITRE IX : LES CUBATURES

I. INTRODUCTION :

Les travaux de terrassement entraînent une altération de la configuration naturelle du terrain, lui conférant ainsi une forme spécifique et des caractéristiques précises, qui correspondent aux besoins de construction de la route.

Les travaux de terrassement comprennent l'extraction, le transport et la mise en place de différents types de sols et de matériaux. Les déblais sont créés en excavant les sols existants, tandis que les remblais sont construits en superposant des couches successives de matériaux et de sols. Le résultat final consiste à atteindre la hauteur spécifiée par le point de référence, en ce qui concerne la surface supérieure (l'arase) des remblais ou des déblais, située sous la couche de surface.

II. DEFINITION DES CUBATURES :

Les cubatures de terrassement représentent les variations de volume des déblais impliqués dans un projet, visant à obtenir une surface uniforme et parallèle à la ligne de référence du projet, juste en dessous.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

III. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

Pour avoir les volumes des terrassements existants (remblais-déblais) on calcul les cubatures, il existe plusieurs méthodes de calcul :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès) ;
- Méthode de l'air moyenne (méthode par défaut) ;
- Méthode de la longueur applicable ;
- Méthode approchée.

Pour estimer le volume dans ce projet, on applique la méthode de la moyenne des aires, qui est une méthode simple mais qui présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur. Afin d'approcher les résultats exacts, il est recommandé d'augmenter les valeurs trouvées d'un coefficient de 10 %, ce qui permet d'assurer une marge de sécurité.

IV. DESCRIPTION DE LA METHODE :

Le travail consiste à déterminer les surfaces SD (surface de déblai) et SR (surface de remblai) en utilisant une formule qui calcule le volume entre deux profils successifs. Le principe de la méthode de la moyenne des aires consiste à calculer ce volume en utilisant la formule suivante :

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

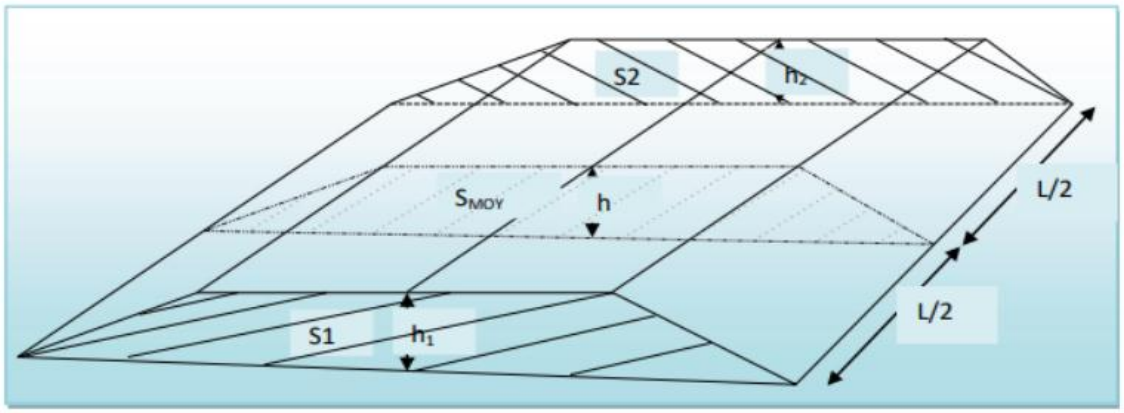


Figure 1 : Les sections d'un profil en travers

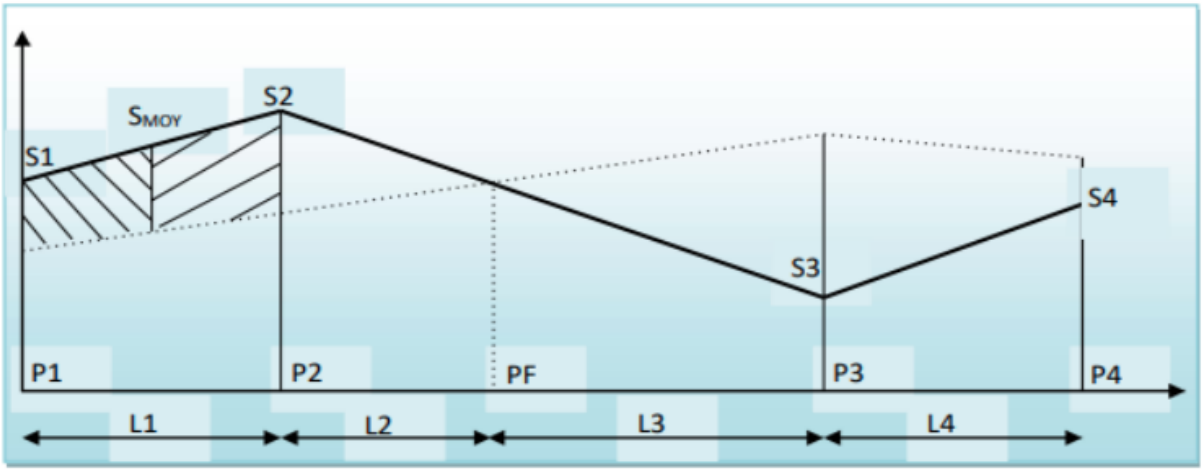


Figure 2 : Les sections d'un profil en long

Avec :

PF : profil fictif, surface nulle
Si : surface de profil en travers
Pi Li : distance entre ces deux profils
S moy : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).
H : hauteur entre deux profils.
Si : surface de profil en travers Pi.
Résultats de notre projet
Déblais =**862522,4m^3**
Remblais = **1826506,7m^3**
NB : Les résultats obtenus des cubatures sont affichés dans l'annexe

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

I. INTRODUCTION :

Un échangeur est une infrastructure qui permet de connecter plusieurs voies de circulation. Sa configuration doit être étudiée en tenant compte de plusieurs facteurs tels que l'intensité des flux de circulation, l'emplacement du site et la topographie environnante. Il est essentiel d'éviter de le situer dans des sections présentant une forte pente ou des dévers importants.

On désigne les échangeurs avec :

▪ Nœuds : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide.
▪ Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbaines classiques.
▪ Mixte : quand il assure en plus, des raccordements de deux autoroutes.
Notre échangeur s'agit d'un diffuseur reliant la pénétrante autoroutière à la RN.

II. ROLE DE L'ECHANGEUR :

L'échangeur a pour rôle de :

▪ D'assurer la continuité du réseau autoroutier.
▪ De desservir plusieurs directions.
▪ Distribuer les flux dans les différentes directions, selon l'ordre d'importance.
▪ Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions.
▪ D'éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
▪ De diminuer le problème d'accidents en évitant le point de conflit.

III. LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR :

Peu importe l'importance, la classification ou la forme d'un échangeur, celui-ci est composé de trois éléments assemblés, à savoir :

▪ L'ouvrage d'art (pont) ;
▪ Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires) ;
▪ Les bretelles.

IV. TYPES D'ECHANGEUR :

• Échangeur majeur : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation «Y» ;
• Échangeur mineur : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

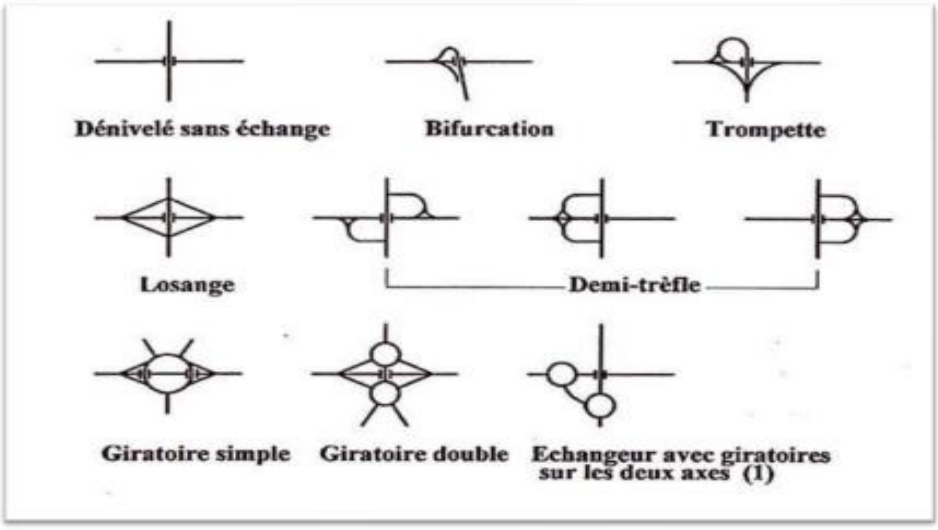


Figure 1 différente type d'échangeur

IV.1 Echangeur Majeur :

- **Trèfle complet :**

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré. Pour des raccordements à quatre branches.

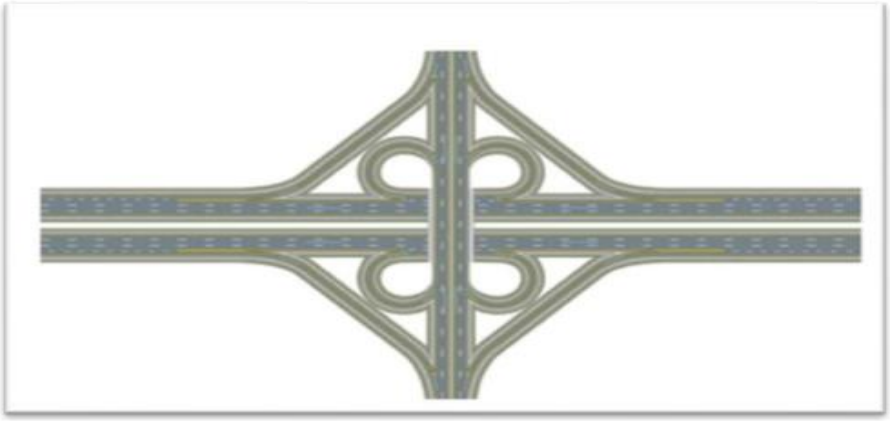


Figure 2 Trèfle complet

- **Bifurcation :**

Pour les raccordements à trois branches : la boucle qui présente le trafic à dévier se détache par la droite de l'axe principal pour rejoindre l'axe à emprunter. Ce type comporte un ouvrage biais.

IV.2 Echangeur Mineur :

- **Echangeur de trompette :**

Comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles, boucle (d'entrée ou de sortie), diagonales (d'entrée ou de sortie). Ce type d'échangeur représente la typologie la plus répandue sur les autoroutes, assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.

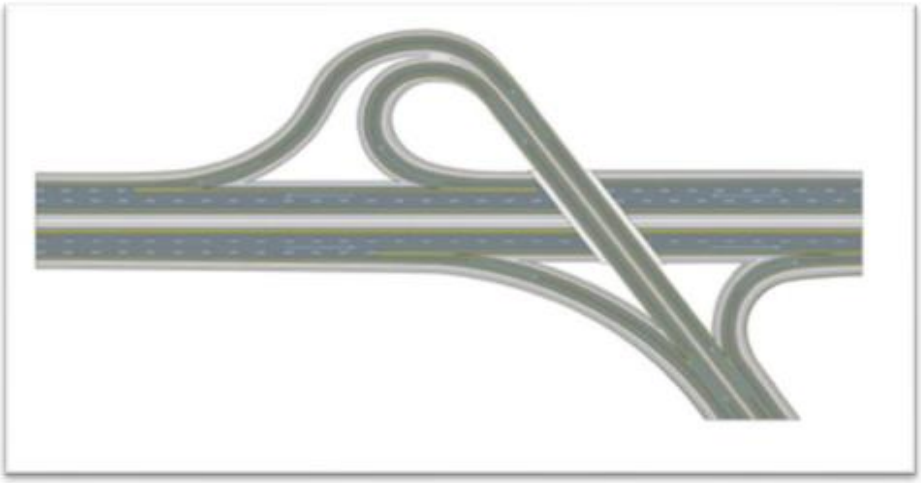


Figure 3 Echangeur de trompette

- **Losange :**

Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétrique assure une distribution symétrique de trafic d'échanges.

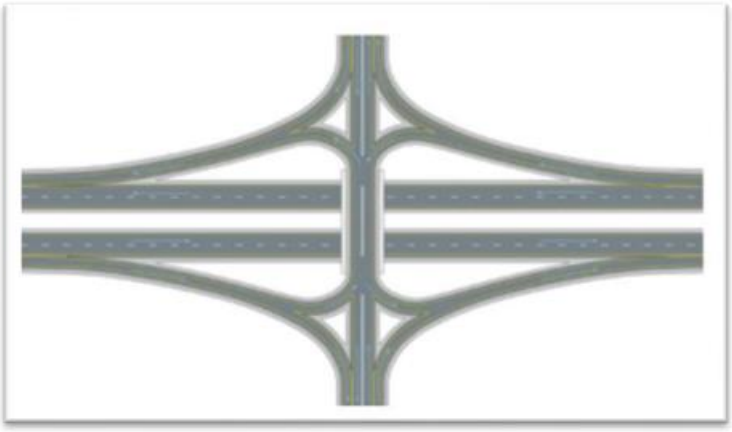


Figure 4 Losange

- **Demi – trèfle :**

La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

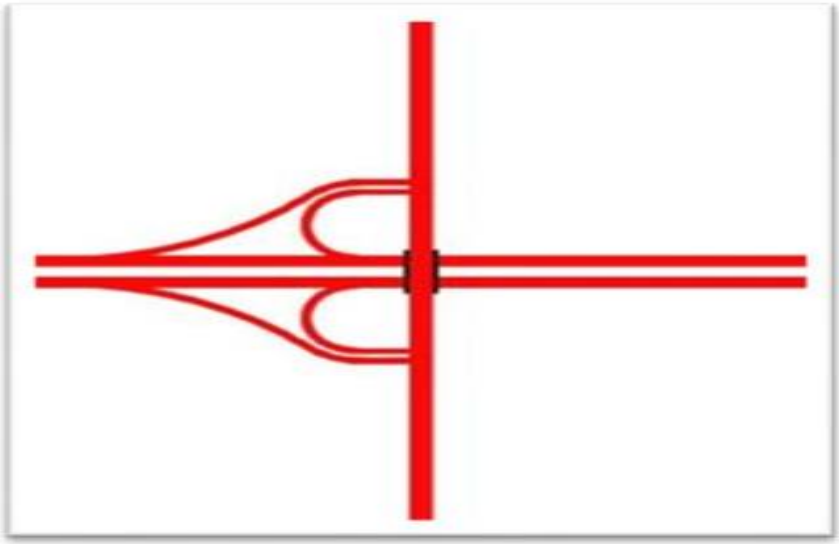


Figure 5 Demi -trèfle

V. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR :

Avoir une connaissance des différents types d'échangeurs existants, ainsi que de leurs caractéristiques (avantages et inconvénients) et des limites de leur utilisation, permet de sélectionner la configuration la mieux adaptée à chaque situation. Le choix du type d'échangeur devient alors automatique une fois que certains paramètres spécifiques au trafic,

au site d'implantation et aux objectifs à atteindre ont été déterminés. Pour ce faire, les étapes suivantes sont suivies :

1ère Etape : Détermination du tracé à partir de

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

2éme Etape :Configuration du tracé à adopter

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

▪ Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
▪ Des longueurs des voies réglementaires (Insertion & décélération).

3éme Etape : Analyse

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

VI. APPLICATION A NOTRE PROJET :

Le choix du type de l'échangeur dépend essentiellement des paramètres suivants :

▪ Type de terrain : le terrain de notre projet est un terrain vallonné
▪ Type de route a raccordé : L'échangeur qu'on va réaliser doit raccordée notre autoroute à la **RN96** Donc l'échangeur est de type **mineur.**
▪ Distribution du trafic L'échangeur distribue le trafic dans trois directions.
▪ Vitesse sur les bretelles :

La vitesse maximale sur l'autoroute est de **110 km/h**.
La vitesse sur la RN **96** est de **80 km/h**.
La vitesse sur l'échangeur est :
Sur la boucle **40km/h**
Sur la brettèle **60km/h**

Donc, l'échangeur qui répond à tous ces critères est l'échangeur **Trompette.**

Le choix de cet échangeur est justifié par le fait qu'il va relier une voie principale à une voie transversale sur le **pk 2+390** Où on va l'implanter.

VII. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :

VII.1 Tracé des bretelles :

Les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles d'après le guide SETRA des échangeurs (complément de l'**ICTAAL2000**) sont les suivantes

Tableau 1 valeur limite de rayons de brettele

Rayon	Symbole	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimal	R_m(m)	40 (7%) et 100 (le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	R_{nd}(m)	300	/
Rayon maximal dans la boucle (m)	R_{max}(m)	/	60
Dévers entre R_{nd} et R_m	d(m)	d = (675/R) +0,25 entre 300 et 100	/

VII.2Enchainement 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 : **R1≤ 2R2**, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées ;
▪ Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

VII.3 Raccordements progressifs :

▪ Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $\mathbf{6}\boldsymbol{R}^{\mathbf{0.4}}$et $\mathbf{7}|\boldsymbol{\Delta\delta}|$; où R note le rayon de courbure (m), et Δδ 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'usager.

VII.4 Zones d'accélération et de décélération :

La connexion entre une bretelle et une autoroute se fait en utilisant une voie d'insertion pour l'entrée, et une voie de décélération pour la sortie.

❖ Zone de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs. Le dispositif de sortie comporte successivement :

▪ Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de **150m** jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de **1m** ;

▪ Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (60 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à **120 m**) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de **1,5 m/s2.**

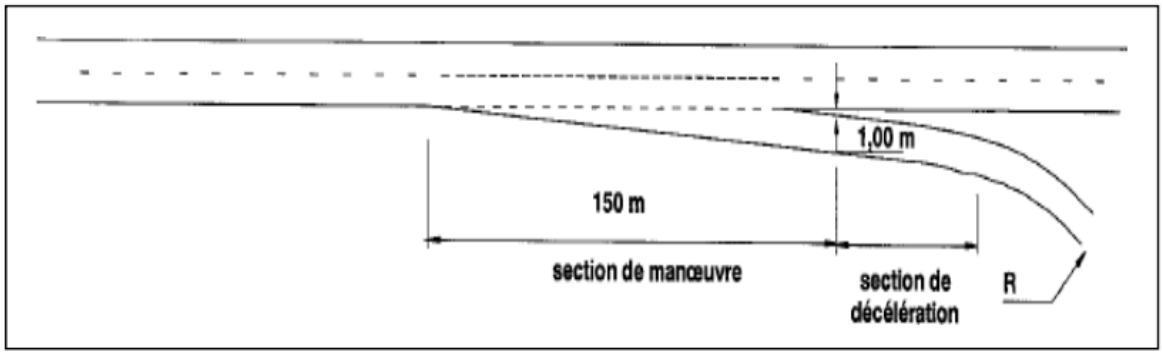


Figure 6 Dispositif de sortie de autoroute

❖ **Zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre **3** et **5%**. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1**,00 m**", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s2 ;
- ✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de **200 m** et large de **3,50 m** ;
- ✓ Un biseau long de **75 m.**

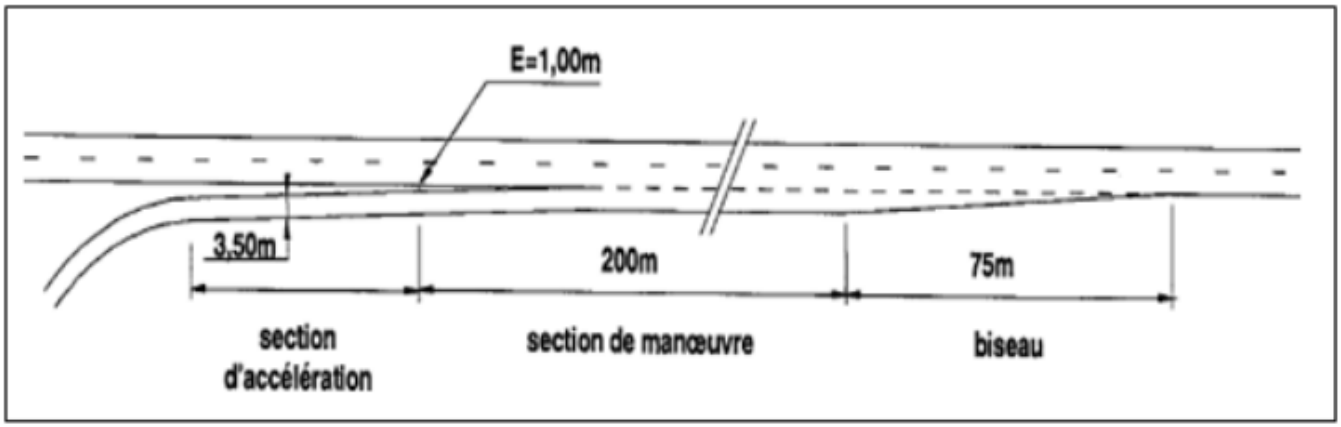


Figure 7 Dispositif d'entre a l'autoroute

VIII. CONCEPTION PLANE DE NOTRE ECHANGEUR :

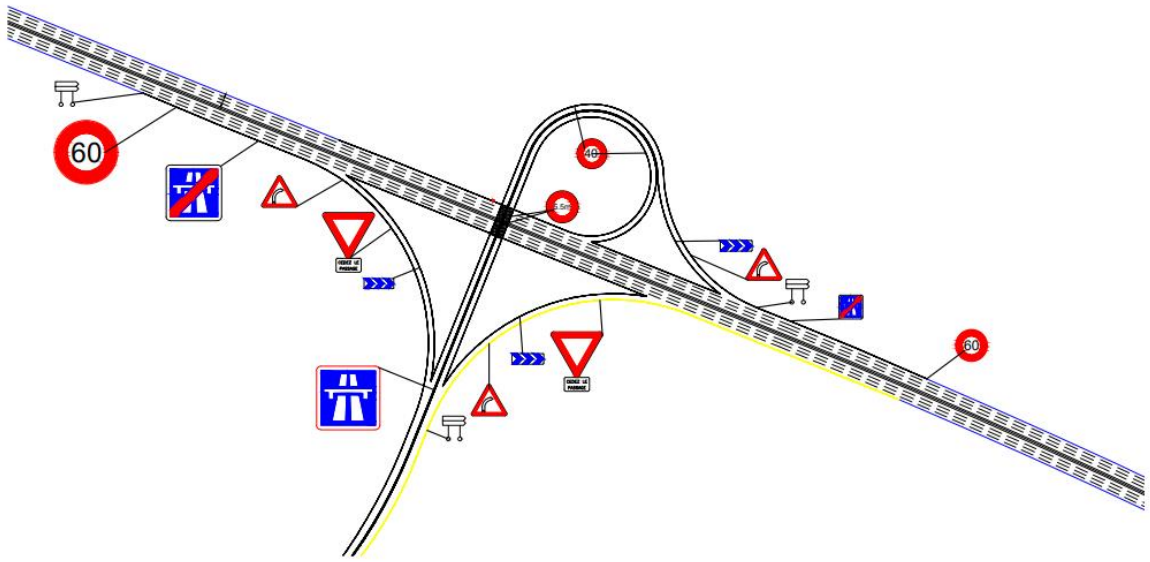


Figure 8 conception plane de l'échangeur

CHAPITRE XI :
OUVRAGES D'ARTS

I. INTRODUCTION :

De manière générale, le terme "pont" désigne toute structure qui permet le passage d'une voie de circulation au-dessus d'un obstacle naturel ou d'une autre voie de circulation. Selon la situation, on distingue différents types de ponts tels que les ponts routiers, les ponts ferroviaires et les ponts-canaux. Ce chapitre abordera les points kilométriques (PK) des ouvrages, ainsi que les différents types de structures à concevoir pour traverser les routes et les pistes déjà existantes.

II. CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS :

Lors de la conception d'un ouvrage d'art, il est essentiel de répondre à un ensemble d'exigences, car il est destiné à fournir un service aux usagers. On distingue les exigences fonctionnelles, qui sont les caractéristiques nécessaires pour que le pont remplisse sa fonction de franchissement, et les exigences naturelles, qui regroupent tous les éléments de l'environnement qui influencent sa conception.

Les critères de base dans la conception des ouvrages structuraux sont les suivants :

• La sécurité;
• L'économie;
• La stabilité;
• Les délais de réalisation;
• Le respect de l'environnement.

III. GABARIT A RESERVER :

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

▪ Les autoroutes et les routes express doivent respecter un gabarit de **5.25m** ;
▪ Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de **4.50** à **4.80 m** ;
▪ Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de **7 m**.

IV. PRESENTATION DES OUVRAGES :

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des ouvrages d'art existants, indiquant leurs caractéristiques ainsi que les points kilométriques (PK) correspondants :

Tableau 1 : Ouvrages de franchissement de notre tronçon

PK de début d'ouvrage d'art	Ouvrage N°	Longueur de l'OA (m)	Largeur de l'OA (m)	Gabarit (m)
1+900	Pont 01	75	30	5,25
3+225	Viaduc 01	150	30	5,25
6+350	Viaduc 02	250	30	5,25
7+650	Viaduc 03	125	30	7
8+250	Viaduc 04	100	30	5,25

Du point de vue économique, opter pour un pont qui fonctionne en mode traction ou en mode compression est coûteux, ce qui doit être évité. Par conséquent, il ne reste que l'option du mode flexion, soit isostatique, soit hyperstatique, qui est plus favorable sur le plan économique.

Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas à la condition imposée. Pour notre cas on propose trois types :

V. CONCEPTION PRIMAIRE :

Variante 1 (pont à poutres en BA) :

Ce type de structure a été largement utilisé lors des premiers projets de construction d'autoroutes. Le tablier de l'ouvrage est composé de poutres longitudinales, espacées de 1,5 à 4 mètres, qui sont reliées les unes aux autres par des entretoises situées sur les appuis, formant ainsi des travées. Un hourdis est également utilisé pour constituer la couche de roulement.

Les avantages :

▪ Consommation des matériaux du point de vue économique.
▪ Le coffrage des poutres est standard.
▪ Nécessite un entretien réduit par rapport aux ponts métalliques et mixtes.

Les inconvénients :

▪ La limitation de la portée (10 à 20m).
▪ Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.

Variante 2 (pont à poutres en béton précontraint) :

Le tablier de l'ouvrage est composé de deux travées indépendantes, chacune étant constituée d'un certain nombre de poutres préfabriquées en forme de T, comprenant un talon, une âme et une semelle supérieure. Le principe de conception consiste à compenser le poids propre de la poutre en utilisant une armature active, soit par précontrainte par prétension (PRAD) soit par post-tension (VIPP). Il convient de noter que la précontrainte par prétension est adaptée aux portées allant jusqu'à 30 mètres, tandis que la post-tension convient à une gamme de portées allant de 30 à 50 mètres.

Les avantages :

▪ Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier à poste fixé est en général de meilleure qualité.
▪ La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
▪ La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.

Les inconvénients :

▪ La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
▪ La main d'œuvre doit être qualifiée.
▪ L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.

Variante 3 (Pont mixte) :

La dalle de découverture participe à la résistance générale, la liaison acier béton est assurée par les connecteurs. Le tablier mixte présente les avantages et les inconvénients suivants :

Les Avantages :

- Légèreté rapportée aux tabliers en béton.
- La rapidité et simplicité de mise en œuvre, la pose des poutres est généralement plus simple.
- La simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines.
- La possibilité de franchir de grandes portées.

Les Inconvénients :

- Matériaux onéreux.
- Surveillance avec visite périodique.
- Risque de déversement des poutres métalliques.
- Entretien difficile

VI. LES VARIANTES RETENUES :

En considérant les avantages et les inconvénients de chaque type d'ouvrage, ainsi que les contraintes techniques spécifiques du site, nous avons résumé notre choix d'ouvrages dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Propositions retenues

OA N°	Solution recommandé
1	Un pont à poutres en béton précontraint (02 travée)
2	Un pont mixte (03 travée)
3	Un pont mixte (05 travée)
4	Un pont à poutres en béton précontraint (04 travée)
5	Un pont à poutres en béton précontraint (03 travée)

CHAPITRE XII : SIGNALISATION

I. INTRODUCTION :

La signalisation routière est un élément essentiel du paysage routier. Elle joue un rôle crucial dans la communication avec les usagers de la route. Son objectif est de guider les conducteurs tout au long de leur trajet, en leur permettant de s'adapter aux différentes situations et en évitant les doutes et les erreurs de conduite.

La connaissance des formes des différents panneaux de signalisation permet aux conducteurs d'anticiper leur message. La normalisation des couleurs et des symboles des panneaux facilite également la reconnaissance de leur signification. Il est important de noter que les panneaux réels peuvent légèrement différer de ceux présentés dans ce chapitre, et que ceux-ci ne constituent qu'un échantillon représentatif.

II. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION :

La signalisation routière a pour objet :

• Faciliter la circulation ;
• Rappeler certaines prescriptions du code de la route ;
• Rendre plus sure la circulation ;
• Donner des informations relatives à l'usage de la route

III. CATEGORIES DE LA SIGNALISATION :

On distingue :
▪ La signalisation par panneau.
▪ La signalisation par feux.
▪ La signalisation par marquage des chaussées.
▪ La signalisation par balisage.
▪ La signalisation par bornage.

IV. LES SEPT PRINCIPES FONDAMENTAUX D'UNE SIGNALISATION EFFICACE :

- Crédibilité
- Uniformité et homogénéité
- Visibilité
- Lisibilité
- Clarté
- Adaptation
- Cohérence

V. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

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

VI. TYPES DE SIGNALISATION :

VI.1 Signalisation Verticale :

La transmission du message se réalise au moyen de panneaux placés stratégiquement, qui utilisent leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme pour communiquer visuellement.

❖ Signalisation de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée). Ces signaux annoncent les différents dangers de la route.



Figure 1 signialisation de danger type A

❖ Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

• L'interdiction.
• L'obligation.
• La fin de prescription.



Figure 2 Signaux de prescription

❖ Signaux à simple indication :

Leurs formes sont en général rectangulaires, Ils offrent un supplément d'information pour les usagers de la route, on distingue :

▪ Signaux d'indication.
▪ Signaux de direction.
▪ Signaux de localisation.

❖ **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

VI.2 Signalisation horizontale :

Le marquage des chaussées doit indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation.

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

✓ **Marquages longitudinaux**

Lignes continues : Les lignes longitudinales continues sont strictement interdites à franchir ou à chevaucher. Elles jouent un rôle crucial en délimitant l'espace de chaque voie et en indiquant les limites externes de la chaussée, où il est interdit de s'arrêter.

L**ignes discontinues :** Ces lignes ont pour but de guider et de faciliter la circulation en permettant le passage entre les voies. Elles se distinguent par leur module, qui est le rapport entre la longueur des traits et l'intervalle entre eux.

Marquages transversaux

Ils indiquent, en général, des recommandations obligatoires ou des précautions, telles que les lignes de stop ou de passage pour piétons.

✓ **Autres marquages**

Flèche de rabattement : Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

Flèches de sélection : Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

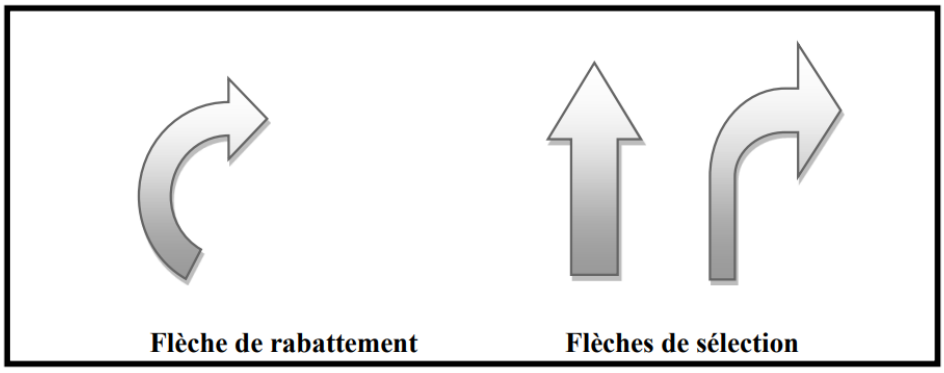


Figure 3 Fleche de signalisation

VII. Application au projet :

VII.1 Signalisation horizontale :

Largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de :

- L'autoroute : U = **7.5 cm.**
- La route Nationale RN76 : U = **6 cm.**
- Les bretelles et les voies d'accès : U = **5 cm.**

▪ **Marquage Du Tracé :**

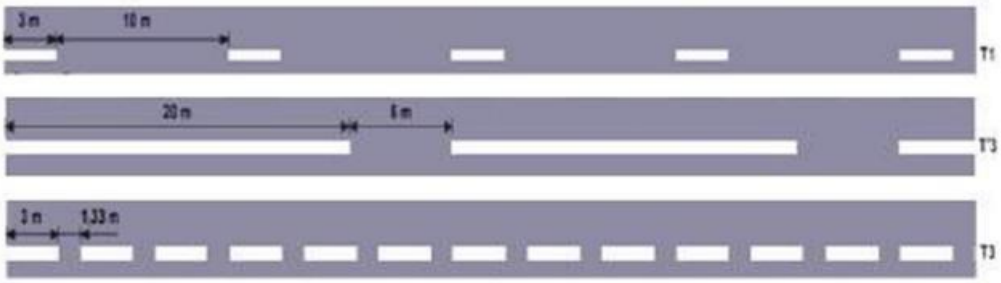


Figure 4 Lignes Longitudinales

.VII.2 Signalisation Verticale :

Les différents types de panneaux utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneau de signalisation priorité : type B
- Panneau de signalisation d'obligation : type D
- Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- Signalisation de direction : type E /B
- Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E
- Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

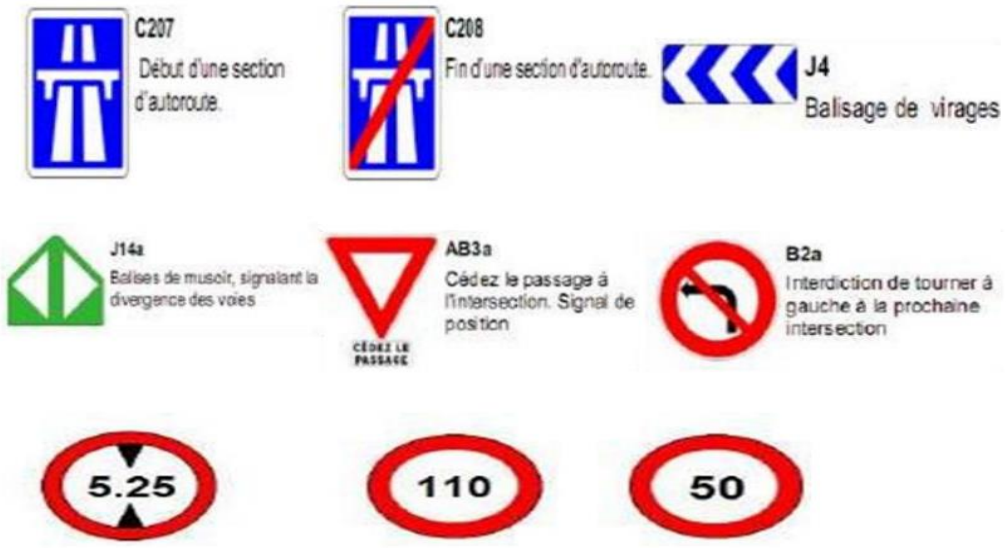


Figure 5 Signalisations Dans Notre Projet

Signalisation De Direction :



Figure 6 Panneaux De Direction

CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

I. INTRODUCTION :

Dans ce contexte, le terme "environnement" englobe toutes les composantes liées aux habitats des espèces animales et végétales. Une étude d'impact doit prendre en compte toutes les thématiques liées directement à l'environnement, telles que l'eau, l'air, la faune et la flore, ainsi que l'environnement humain. Récemment, le code de l'environnement a également ajouté l'évaluation de l'impact du projet sur la santé humaine en tant qu'obligation supplémentaire.

Il sera donc pour chaque thème étudie, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

II. OBJECTIFS DE L'ETUDE :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

• Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement ;
• Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations ;
• Gérer et entretenir les abords de la route ;
• Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

III. IMPACTS NEGATIFS DU PROJET :

III.1 Impacts Sur La Nature :

▪ Pollution de l'eau :

Les projets routiers peuvent avoir un impact sur les écoulements et la qualité des eaux de surface et souterraines, ce qui peut augmenter le risque d'inondations, d'érosion, de dépôts de sédiments, ou provoquer des changements soudains dans la nappe phréatique.

Pour éviter la pollution accidentelle ou continue des eaux de surface et souterraines, la construction de bassins antipollution ou de digues anti-déversement est une méthode efficace pour réduire ou éliminer ce type de problème. De plus, le système de drainage des routes doit être conçu de manière à retenir l'eau dans de petits bassins afin qu'elle puisse être utilisée par les humains et la nature, ou pour réduire les risques d'inondations et éliminer les eaux stagnantes.

▪ Pollution de l'air :

Les moteurs à combustion interne, qu'ils fonctionnent à l'essence ou au diesel, sont responsables de la pollution par des émissions de gaz et de particules. De plus, l'usure des plaquettes de frein et des pneus, ainsi que l'évaporation des hydrocarbures aux stations-service, ajoutent également à cette pollution. La circulation routière est la principale source d'émissions de CO et contribue grandement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines.

Pour réduire cette pollution, il est nécessaire de mettre en place des mesures visant à limiter les émissions de gaz polluants tels que le CO2 en améliorant la combustion et les performances des moteurs. Il est également important d'évaluer les impacts réels de la pollution atmosphérique sur le climat, de réguler le trafic routier et de contrôler les véhicules et leurs vitesses.

- **Effets sur la faune et la flore :**

Lors du choix du tracé d'un projet, il est important de prendre en compte les problématiques liées à l'environnement biologique. Des mesures préventives peuvent être prises dès le début de la planification pour protéger la nature et faciliter la circulation de la faune. Cela peut inclure la construction de passages pour animaux ou de traversées revêtues ou non revêtues. Ces passages doivent être conçus de manière à faciliter leur entretien et à permettre une gestion naturelle et écologique.

Dans le cadre de la préservation de la flore, plusieurs solutions sont possibles :

▪ Le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
▪ La prise en compte des superficies d'exploitation.
▪ Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

IV. CONCLUSION :

Notre projet traverse des régions montagneuses, des zones végétalisées et des réseaux hydrauliques, ce qui nécessite de prendre en compte ses impacts sur ces zones. Le défi consiste à intégrer les équipements dans le paysage tout en minimisant l'impact sur l'environnement humain et en préservant les ressources naturelles.

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

Le Devis Quantitatif Estimatif :

	DESINIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	**LOGISTIQUE DE CHANTIER**				
1,1	Installation de chantier	FORFAIT	3%(2+3+4)		181 653 197,04
				Sous Total 1	**181 653 197,04**
2	**TRAVAUX PREPARATION**				
2,1	préparation de terrain	M2	330 000,00	900,00	297 000 000,00
				Sous Total 2	**297 000 000,00**
3	**TERRASSEMENTS**				
3,1	décapage de terre végétale	M2	596 964,24	200,00	119 392 848,00
3,2	déblais mis en dépôt	M3	862 522,40	1 000,00	862 522 400,00
3,3	remblai d'emprunt	M3	1 826 506,70	1 200,00	2 191 808 040,00
				Sous Total3	**3 173 723 288,00**
4	**CORPS DE CHAUSSEE**				
4,1	Couche de forme TVC	M3	157 618,40	2 000,00	315 236 800,00
4,2	Couche de fondation GNT	M3	112 326,70	3 000,00	336 980 100,00
4,3	couche de base GB (2.3t/m3)	T	159 508,45	8 500,00	1 355 821 825,00
4,4	couche de roulement BB (2.3t/m3)	T	61 299,83	8 500,00	521 048 555,00
4,5	couche d'imprégnation (1.5kg/m2)	T	576,00	80 000,00	46 080 000,00
4,6	couche d'accrochage (0.3kg/m2)	T	115,20	80 000,00	9 216 000,00
				Sous Total 4	**2 584 383 280,00**
5	**ASSAINISSEMENT**				
5,1	fosse trapézoïdaux en béton	ML	6 038,00	6 000,00	36 228 000,00
5,2	Buse 1200 y compris Tête de buse	ML	56,40	25 000,00	1 410 000,00
5,3	Buse 1000 y compris Tête de buse	ML	161,76	17 000,00	2 749 920,00
5,4	dallot en BA 2*2	M3	133,21	65 000,00	8 658 650,00
5,5	dallot en BA 1.5*1.5	M3	297,93	65 000,00	19 365 450,00
				Sous Total 5	**68 412 020,00**
6	**OUVRAGE D'ART**				
6,1	Pont a poutre en BP	M2	9 600,00	250 000,00	2 400 000 000,00
6,2	Pont mixte	M2	12 000,00	350 000,00	4 200 000 000,00
				Sous Total 6	**6 450 000 000,00**
7	**SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS**				
7,1	Ligne continué (délimitant les chaussées et le TPC)	ML	24 000,00	250,00	6 000 000,00
7,2	Ligne discontinué(T1)	ML	48 000,00	250,00	12 000 000,00

7,3	Ligne discontinue (T4)	ML	24 000,00	250,00	6 000 000,00
7,4	Pose de séparateur en béton (DBA)	ML	12 000,00	7 000,00	84 000 000,00
7,5	Flèches de direction	U	20,00	1 500,00	30 000,00
7,6	Fleche de rabattement	U	15,00	1 500,00	22 500,00
7,7	Type B - Panneaux de prescription	U	18,00	8 000,00	144 000,00
7,8	Type D - Panneaux d'obligation	U	15,00	8 000,00	120 000,00
				Sous Total 7	**108 316 500,00**
8	**IMPACT SUR ENVIRONNEMENT**				
8,1	Impact sur environnement	FORFAIT	2%(2+3+4)		121 102 131,36
				Sous Total 8	**121 102 131,36**
				Total HT	**12 984 590 416,40**
				TVA (19%)	**2 467 072 179,12**
				Total TTC	**15 451 662 595,52**

Soit En Lettres :**Quinze milliards quatre cent cinquante un millions six cent soixante deux mille cinq cent quatre vingt quinze Dinars Algériens et cinquante deux centimes en Toutes Taxes Comprises.**

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION :

Pendant ce mémoire de fin d'études, on considère qu'il s'agit notre première expérience de projet réel à réaliser. Au cours de ce travail, Nous avons pu reconnaître l'importance des cours théoriques que nous avons étudiés lors de notre formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics grâce à ce projet de mémoire de fin d'études.

De plus, ce projet nous a confrontés à des problèmes techniques et administratifs réels qui peuvent se présenter lors de la réalisation d'un projet routier.

Notre projet est une étude en APD d'un tronçon de 12 Km de la liaison autoroutière reliant sidi bel abbés - Saida du PK 00+000 au PK 12+000 avec la conception d'un échangeur qui relie la liaison à la RN 96.

L'objectif principal de ce projet est de contribuer au développement durable du pays en se concentrant sur l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité.

Ces infrastructures sont conçues pour offrir les meilleurs services aux utilisateurs des autoroutes, tout en répondant aux besoins et à la demande croissante en matière de transport.

Dans cette étude, nous avonssuivi les différentes étapes de réalisation d'une autoroute en suivant les guides et normes Autoroutière et infrastructure, tels que le Guide des Terrassements Routiers (GTR fascicules 1 et 2), le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP) et l'ICTAAL. Nous avons également utilisé des logiciels de calcul essentiels dans le domaine de la construction routière, tels que AUTOCAD COVADIS CIVIL3D ALIZE et GEO5 pour les stabilités des pentes Ces logiciels nous a permis d'effectuer des analyses approfondies et de produire des résultats précis tout au long du processus.

L'étude repose sur l'analyse de la géométrie de la route, en prenant en compte les divers profils en long et en travers, ainsi que le tracé en plan qui doit concilier les exigences de visibilité avec les contraintes spécifiques du projet. Grâce à cela, on a pu :

- Identifier et choisir la forme et l'allure de notre autoroute.
- Mettre en évidence les largeurs des voies, des accotements, des fossés et de l'emprise.
- Limiter les pentes de talus qui conditionnent la stabilité, les pentes transversales de la chaussée et des accotements indispensables pour un bon écoulement des eaux.

En conclusion, cette expérience a été une véritable opportunité qui nous a permis de relever un défi et de faire nos premiers pas dans le monde professionnel. Ce travail a été une source de découverte et d'apprentissage significative pour nous.

BIBLIOGRAPHIE

Documents :

[1] L'ICTAAL 2015.

[2]. ICTAAL ECHANGEUR.

[3] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes octobre 1977.

[4] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » (2000).

[5] " Assainissement Routier" – Guide technique. SETRA (octobre 2006).

[6] Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974

[7] GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300

[8] MANUEL DE PROJET DE ROUTES .Kalli F.Z- Goumettre Ahmed. Edition OPU.

[9] RPA 99 : REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES VERSION 2003

[10]- Cours d'hydraulique ENSTP 2ème année.

Cours :

[1]. Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année

[2]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP (Mr Hammadi Kamel).

[4]. Cours d'hydraulique appliquée ENSTP 4eme année (Mr Lefkir).

[5] Cours routes (Mr Mahrez).

Logiciels utilisés :

[1]. COVADIS version 2019.

[2]. Alizé-LCPC.

[3]. Google Earth.

[4]. GeoStructural Analysis

[5]. Microsoft Office (Word).

Autres:

[1]. Aide-mémoire Routes.

Annexes

Axe En Plan

Axe : Axe v03
Table courante : ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	113.78gr	800.000	0+000.000	151194.521	3893125.028
Arc 1	Rayon	-6000.000 m	1000.000	0+800.000	151975.856	3892953.229
	Centre X	150687.363 m				
	Centre Y	3887093.213 m				
Droite 2	Gisement	124.39gr	900.000	1+800.000	152930.156	3892658.272
Arc 2	Rayon	-7000.000 m	850.000	2+700.000	153764.915	3892321.853
	Centre X	151148.323 m				
	Centre Y	3885829.284 m				
Droite 3	Gisement	132.12gr	250.000	3+550.000	154532.095	3891957.097
Arc 3	Rayon	-1000.000 m	350.000	3+800.000	154750.945	3891836.248
	Centre X	154267.549 m				
	Centre Y	3890960.846 m				
Droite 4	Gisement	154.40gr	600.000	4+150.000	155021.812	3891617.420
Arc 4	Rayon	-4000.000 m	1200.000	4+750.000	155415.756	3891164.862
	Centre X	152398.706 m				
	Centre Y	3888538.570 m				
Droite 5	Gisement	173.50gr	700.000	5+950.000	156057.126	3890155.964
Arc 5	Rayon	-4000.000 m	650.000	6+650.000	156340.170	3889515.740
	Centre X	152681.750 m				
	Centre Y	3887898.346 m				
Droite 6	Gisement	183.84gr	550.000	7+300.000	156553.645	3888902.552
Arc 6	Rayon	1700.000 m	800.000	7+850.000	156691.724	3888370.167
	Centre X	158337.279 m				
	Centre Y	3888796.954 m				
Droite 7	Gisement	153.89gr	450.000	8+650.000	157064.103	3887670.446
Arc 7	Rayon	7500.000 m	1000.000	9+100.000	157362.296	3887333.428
	Centre X	162979.250 m				
	Centre Y	3892303.320 m				
Droite 8	Gisement	145.40gr	850.000	10+100.000	158072.841	3886630.830
Arc 8	Rayon	7500.000 m	550.000	10+950.000	158715.724	3886074.770
	Centre X	163622.132 m				
	Centre Y	3891747.261 m				
Droite 9	Gisement	140.73gr	500.000	11+500.000	159144.520	3885730.535
				12+000.000	159545.636	3885432.027
Longueur totale de l'axe 12000.000 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Axe : Axe v03
Table courante : ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-3.17 %	537.530	0+000.000	624.387
Parabole 1	Rayon	15000.000 m	326.973	0+537.530	607.331
	Sommet Absc.	1+013.480 m			
	Sommet Alt.	599.780 m			
Pente 2	Pente	-0.99 %	1182.755	0+864.504	600.520
Parabole 2	Rayon	50000.000 m	168.131	2+047.259	588.773
	Sommet Absc.	2+543.845 m			
	Sommet Alt.	586.307 m			
Pente 3	Pente	-0.66 %	2321.849	2+215.390	587.386
Parabole 3	Rayon	86073.280 m	128.437	4+537.239	572.134
	Sommet Absc.	5+102.664 m			
	Sommet Alt.	570.277 m			
Pente 4	Pente	-0.51 %	992.996	4+665.676	571.386
Parabole 4	Rayon	-25000.000 m	332.656	5+658.672	566.344
	Sommet Absc.	5+531.749 m			
	Sommet Alt.	566.667 m			
Pente 5	Pente	-1.84 %	427.824	5+991.328	562.442
Parabole 5	Rayon	8000.000 m	282.477	6+419.152	554.578
	Sommet Absc.	6+566.218 m			
	Sommet Alt.	553.226 m			
Pente 6	Pente	1.69 %	938.404	6+701.629	554.372
Parabole 6	Rayon	-10000.000 m	229.735	7+640.033	570.256
	Sommet Absc.	7+809.298 m			
	Sommet Alt.	571.688 m			
Pente 7	Pente	-0.60 %	544.326	7+869.768	571.505
Parabole 7	Rayon	20000.000 m	368.376	8+414.095	568.214
	Sommet Absc.	8+535.036 m			
	Sommet Alt.	567.848 m			
Pente 8	Pente	1.24 %	1790.348	8+782.471	569.379
Parabole 8	Rayon	-46000.000 m	803.699	10+572.819	591.528
	Sommet Absc.	11+141.919 m			
	Sommet Alt.	595.049 m			
Pente 9	Pente	-0.51 %	623.481	11+376.519	594.451
				12+000.000	591.271
Longueur totale de l'axe 12000.000 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 12000.910 mètre(s)					

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe v03
Table courante : ICTAAL L2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.000	12.500	22.29	0.03	278.7	0.4	278.7	0.4
P02	0+025.000	25.000	0.14	7.93	3.4	198.4	282.1	198.8
P03	0+050.000	25.000	0.00	43.52	0.0	1088.1	282.1	1286.8
P04	0+075.000	25.000	0.00	53.05	0.0	1326.3	282.1	2613.1
P05	0+100.000	25.000	0.00	82.24	0.0	2056.0	282.1	4669.1
P06	0+125.000	25.000	0.00	117.59	0.0	2939.8	282.1	7608.9
P07	0+150.000	25.000	0.00	90.30	0.0	2257.5	282.1	9866.5
P08	0+175.000	25.000	0.00	106.00	0.0	2650.1	282.1	12516.6
P09	0+200.000	25.000	0.00	115.81	0.0	2895.4	282.1	15411.9
P10	0+225.000	25.000	0.00	115.91	0.0	2897.8	282.1	18309.7
P11	0+250.000	25.000	0.00	114.78	0.0	2869.6	282.1	21179.3
P12	0+275.000	25.000	0.00	115.20	0.0	2880.0	282.1	24059.3
P13	0+300.000	25.000	0.00	115.06	0.0	2876.4	282.1	26935.7
P14	0+325.000	25.000	0.00	107.18	0.0	2679.5	282.1	29615.3
P15	0+350.000	25.000	0.00	91.58	0.0	2289.5	282.1	31904.7
P16	0+375.000	25.000	0.00	87.75	0.0	2193.8	282.1	34098.5
P17	0+400.000	25.000	0.00	83.18	0.0	2079.5	282.1	36178.0
P18	0+425.000	25.000	0.00	82.86	0.0	2071.5	282.1	38249.5
P19	0+450.000	25.000	0.00	84.05	0.0	2101.2	282.1	40350.7
P20	0+475.000	25.000	0.00	75.21	0.0	1880.1	282.1	42230.8
P21	0+500.000	25.000	0.00	62.49	0.0	1562.2	282.1	43793.1
P22	0+525.000	25.000	0.00	49.22	0.0	1230.5	282.1	45023.6
P23	0+550.000	25.000	0.00	36.73	0.0	918.3	282.1	45941.9
P24	0+575.000	25.000	0.67	19.30	16.7	482.4	298.8	46424.3
P25	0+600.000	25.000	7.02	7.60	175.6	189.9	474.4	46614.2
P26	0+625.000	25.000	11.49	3.08	287.3	77.1	761.8	46691.3
P27	0+650.000	25.000	14.27	0.75	356.9	18.7	1118.6	46710.0
P28	0+675.000	25.000	12.48	0.60	311.9	15.1	1430.5	46725.1
P29	0+700.000	25.000	8.42	2.35	210.6	58.9	1641.1	46784.0
P30	0+725.000	25.000	5.21	7.13	130.3	178.3	1771.4	46962.3

P31	0+750.000	25.000	0.45	16.33	11.3	408.2	1782.7	47370.5
P32	0+775.000	25.000	0.00	22.43	0.0	560.8	1782.7	47931.3
P33	0+800.000	25.000	0.00	34.92	0.0	873.0	1782.7	48804.2
P34	0+825.000	25.000	0.00	44.47	0.0	1111.8	1782.7	49916.0
P35	0+850.000	25.000	0.00	62.49	0.0	1562.3	1782.7	51478.2
P36	0+875.000	25.000	0.00	66.71	0.0	1667.6	1782.7	53145.9
P37	0+900.000	25.000	0.00	70.83	0.0	1770.7	1782.7	54916.6
P38	0+925.000	25.000	0.00	69.53	0.0	1738.1	1782.7	56654.7
P39	0+950.000	25.000	0.00	67.21	0.0	1680.1	1782.7	58334.8
P40	0+975.000	25.000	0.00	65.81	0.0	1644.6	1782.7	59979.4
P41	1+000.000	25.000	0.00	72.71	0.0	1817.0	1782.7	61796.4
P42	1+025.000	25.000	0.00	80.25	0.0	2005.7	1782.7	63802.1
P43	1+050.000	25.000	0.00	78.64	0.0	1965.8	1782.7	65767.9
P44	1+075.000	25.000	0.00	92.06	0.0	2301.7	1782.7	68069.5
P45	1+100.000	25.000	0.00	78.91	0.0	1971.8	1782.7	70041.3
P46	1+125.000	25.000	0.00	83.11	0.0	2076.7	1782.7	72118.1
P47	1+150.000	25.000	0.00	87.22	0.0	2179.5	1782.7	74297.6
P48	1+175.000	25.000	0.00	91.18	0.0	2278.5	1782.7	76576.1
P49	1+200.000	25.000	0.00	111.39	0.0	2783.7	1782.7	79359.8
P50	1+225.000	25.000	0.00	126.47	0.0	3160.9	1782.7	82520.7

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	1+250.000	25.000	0.00	140.80	0.0	3519.3	1782.7	86040.1
P52	1+275.000	25.000	0.00	150.68	0.0	3766.4	1782.7	89806.4
P53	1+300.000	25.000	0.00	156.48	0.0	3911.4	1782.7	93717.8
P54	1+325.000	25.000	0.00	162.77	0.0	4068.6	1782.7	97786.4
P55	1+350.000	25.000	0.00	178.86	0.0	4471.0	1782.7	102257.4
P56	1+375.000	25.000	0.00	188.68	0.0	4716.0	1782.7	106973.4
P57	1+400.000	25.000	0.00	193.73	0.0	4842.3	1782.7	111815.7
P58	1+425.000	25.000	0.00	209.39	0.0	5233.8	1782.7	117049.5
P59	1+450.000	25.000	0.00	224.62	0.0	5614.7	1782.7	122664.3
P60	1+475.000	25.000	0.00	202.14	0.0	5051.2	1782.7	127715.5
P61	1+500.000	25.000	0.00	192.72	0.0	4815.4	1782.7	132530.9
P62	1+525.000	25.000	0.00	215.35	0.0	5383.0	1782.7	137913.9
P63	1+550.000	25.000	0.00	236.25	0.0	5906.1	1782.7	143820.0
P64	1+575.000	25.000	0.00	258.78	0.0	6469.3	1782.7	150289.3
P65	1+600.000	25.000	0.00	281.60	0.0	7040.0	1782.7	157329.2
P66	1+625.000	25.000	0.00	304.36	0.0	7608.9	1782.7	164938.2
P67	1+650.000	25.000	0.00	321.64	0.0	8040.8	1782.7	172979.0
P68	1+675.000	25.000	0.00	330.26	0.0	8256.5	1782.7	181235.4
P69	1+700.000	25.000	0.00	347.14	0.0	8678.2	1782.7	189913.6
P70	1+725.000	25.000	0.00	366.73	0.0	9168.0	1782.7	199081.6
P71	1+750.000	25.000	0.00	382.59	0.0	9564.7	1782.7	208646.3
P72	1+775.000	25.000	0.00	393.92	0.0	9847.7	1782.7	218493.9
P73	1+800.000	25.000	0.00	401.82	0.0	10045.2	1782.7	228539.2
P74	1+825.000	25.000	0.00	410.07	0.0	10251.7	1782.7	238790.8
P75	1+850.000	25.000	0.00	412.36	0.0	10309.1	1782.7	249099.9
P76	1+875.000	25.000	0.00	402.20	0.0	10055.0	1782.7	259154.9
P77	1+900.000	25.000	0.00	364.46	0.0	9111.6	1782.7	268266.5
P78	1+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	268266.5
P79	1+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	268266.5
P80	1+975.000	25.000	0.00	276.77	0.0	6919.3	1782.7	275185.8
P81	2+000.000	25.000	0.00	235.13	0.0	5878.3	1782.7	281064.1
P82	2+025.000	25.000	0.00	187.83	0.0	4695.7	1782.7	285759.8
P83	2+050.000	25.000	0.00	150.02	0.0	3750.5	1782.7	289510.3
P84	2+075.000	25.000	0.00	113.54	0.0	2838.6	1782.7	292349.0
P85	2+100.000	25.000	0.00	110.93	0.0	2773.2	1782.7	295122.1

P86	2+125.000	25.000	0.00	126.65	0.0	3166.3	1782.7	298288.5
P87	2+150.000	25.000	0.00	134.23	0.0	3355.9	1782.7	301644.3
P88	2+175.000	25.000	0.00	142.01	0.0	3550.2	1782.7	305194.6
P89	2+200.000	25.000	0.00	145.47	0.0	3636.8	1782.7	308831.3
P90	2+225.000	25.000	0.00	147.53	0.0	3688.2	1782.7	312519.6
P91	2+250.000	25.000	0.00	144.76	0.0	3619.0	1782.7	316138.5
P92	2+275.000	25.000	0.00	150.42	0.0	3760.5	1782.7	319899.0
P93	2+300.000	25.000	0.00	157.41	0.0	3935.2	1782.7	323834.2
P94	2+325.000	25.000	0.00	165.20	0.0	4129.9	1782.7	327964.1
P95	2+350.000	25.000	0.00	173.78	0.0	4344.5	1782.7	332308.6
P96	2+375.000	25.000	0.00	196.43	0.0	4910.7	1782.7	337219.4
P97	2+400.000	25.000	0.00	220.41	0.0	5510.3	1782.7	342729.6
P98	2+425.000	25.000	0.00	240.03	0.0	6000.8	1782.7	348730.5
P99	2+450.000	25.000	0.00	249.97	0.0	6249.3	1782.7	354979.7
P100	2+475.000	25.000	0.00	223.54	0.0	5588.5	1782.7	360568.2
P101	2+500.000	25.000	0.00	189.87	0.0	4746.8	1782.7	365315.1
P102	2+525.000	25.000	0.00	169.86	0.0	4246.6	1782.7	369561.7
P103	2+550.000	25.000	0.00	149.28	0.0	3732.0	1782.7	373293.6
P104	2+575.000	25.000	0.00	123.85	0.0	3096.4	1782.7	376390.0
P105	2+600.000	25.000	0.00	100.78	0.0	2519.4	1782.7	378909.4
P106	2+625.000	25.000	0.00	81.22	0.0	2030.5	1782.7	380939.9
P107	2+650.000	25.000	0.00	73.97	0.0	1849.2	1782.7	382789.0
P108	2+675.000	25.000	0.00	78.54	0.0	1963.5	1782.7	384752.5
P109	2+700.000	25.000	0.00	73.79	0.0	1844.7	1782.7	386597.3
P110	2+725.000	25.000	0.00	79.28	0.0	1982.0	1782.7	388579.2
P111	2+750.000	25.000	0.00	114.87	0.0	2871.9	1782.7	391451.1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	2+775.000	25.000	0.00	138.55	0.0	3464.3	1782.7	394915.5
P113	2+800.000	25.000	0.00	152.32	0.0	3808.3	1782.7	398723.7
P114	2+825.000	25.000	0.00	181.00	0.0	4525.0	1782.7	403248.7
P115	2+850.000	25.000	0.00	213.70	0.0	5342.6	1782.7	408591.3
P116	2+875.000	25.000	0.00	229.53	0.0	5738.3	1782.7	414329.6
P117	2+900.000	25.000	0.00	236.07	0.0	5901.8	1782.7	420231.4
P118	2+925.000	25.000	0.00	241.56	0.0	6039.0	1782.7	426270.4
P119	2+950.000	25.000	0.00	251.47	0.0	6286.5	1782.7	432556.8
P120	2+975.000	25.000	0.00	264.78	0.0	6619.3	1782.7	439176.2
P121	3+000.000	25.000	0.00	278.53	0.0	6963.2	1782.7	446139.4
P122	3+025.000	25.000	0.00	292.13	0.0	7303.3	1782.7	453442.6
P123	3+050.000	25.000	0.00	300.55	0.0	7513.8	1782.7	460956.4
P124	3+075.000	25.000	0.00	302.75	0.0	7568.9	1782.7	468525.3
P125	3+100.000	25.000	0.00	303.59	0.0	7589.9	1782.7	476115.2
P126	3+125.000	25.000	0.00	303.81	0.0	7595.5	1782.7	483710.8
P127	3+150.000	25.000	0.00	303.53	0.0	7588.5	1782.7	491299.2
P128	3+175.000	25.000	0.00	308.57	0.0	7714.3	1782.7	499013.6
P129	3+200.000	25.000	0.00	317.19	0.0	7930.0	1782.7	506943.5
P130	3+225.000	25.000	0.00	327.79	0.0	8194.6	1782.7	515138.1
P131	3+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	515138.1
P132	3+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	515138.1
P133	3+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	515138.1
P134	3+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	515138.1
P135	3+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	1782.7	515138.1
P136	3+375.000	25.000	0.00	363.04	0.0	9075.5	1782.7	524213.6
P137	3+400.000	25.000	0.00	368.33	0.0	9208.2	1782.7	533421.8
P138	3+425.000	25.000	0.00	373.75	0.0	9343.9	1782.7	542765.7
P139	3+450.000	25.000	0.00	377.35	0.0	9434.3	1782.7	552200.0
P140	3+475.000	25.000	0.00	381.92	0.0	9548.9	1782.7	561748.9
P141	3+500.000	25.000	0.00	387.44	0.0	9687.0	1782.7	571436.0
P142	3+525.000	25.000	0.00	396.92	0.0	9924.1	1782.7	581360.1
P143	3+550.000	25.000	0.00	407.41	0.0	10185.7	1782.7	591545.8
P144	3+575.000	25.000	0.00	416.74	0.0	10418.4	1782.7	601964.2
P145	3+600.000	25.000	0.00	408.50	0.0	10212.4	1782.7	612176.6
P146	3+625.000	25.000	0.00	393.49	0.0	9837.3	1782.7	622013.9

P147	3+650.000	25.000	0.00	383.43	0.0	9585.7	1782.7	631599.6
P148	3+675.000	25.000	0.00	374.60	0.0	9365.0	1782.7	640964.7
P149	3+700.000	25.000	0.00	370.52	0.0	9263.0	1782.7	650227.7
P150	3+725.000	25.000	0.00	370.07	0.0	9251.8	1782.7	659479.4
P151	3+750.000	25.000	0.00	367.64	0.0	9191.0	1782.7	668670.5
P152	3+775.000	25.000	0.00	362.54	0.0	9063.6	1782.7	677734.1
P153	3+800.000	25.000	0.00	357.79	0.0	8946.5	1782.7	686680.6
P154	3+825.000	25.000	0.00	358.16	0.0	8957.4	1782.7	695637.9
P155	3+850.000	25.000	0.00	363.08	0.0	9081.5	1782.7	704719.4
P156	3+875.000	25.000	0.00	366.50	0.0	9167.7	1782.7	713887.2
P157	3+900.000	25.000	0.00	367.81	0.0	9202.0	1782.7	723089.2
P158	3+925.000	25.000	0.00	364.74	0.0	9125.0	1782.7	732214.1
P159	3+950.000	25.000	0.00	357.09	0.0	8930.9	1782.7	741145.1
P160	3+975.000	25.000	0.00	352.63	0.0	8818.6	1782.7	749963.7
P161	4+000.000	25.000	0.00	346.93	0.0	8676.1	1782.7	758639.8
P162	4+025.000	25.000	0.00	344.36	0.0	8612.6	1782.7	767252.4
P163	4+050.000	25.000	0.00	343.07	0.0	8582.2	1782.7	775834.6
P164	4+075.000	25.000	0.00	336.10	0.0	8408.9	1782.7	784243.5
P165	4+100.000	25.000	0.00	326.32	0.0	8164.0	1782.7	792407.5
P166	4+125.000	25.000	0.00	314.61	0.0	7869.9	1782.7	800277.4
P167	4+150.000	25.000	0.00	303.37	0.0	7586.6	1782.7	807864.0
P168	4+175.000	25.000	0.00	292.17	0.0	7304.3	1782.7	815168.2
P169	4+200.000	25.000	0.00	281.23	0.0	7030.8	1782.7	822199.0
P170	4+225.000	25.000	0.00	267.61	0.0	6690.3	1782.7	828889.3
P171	4+250.000	25.000	0.00	258.94	0.0	6473.6	1782.7	835362.9
P172	4+275.000	25.000	0.00	252.35	0.0	6308.8	1782.7	841671.7

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	4+300.000	25.000	0.00	245.82	0.0	6145.4	1782.7	847817.2
P174	4+325.000	25.000	0.00	239.35	0.0	5983.8	1782.7	853801.0
P175	4+350.000	25.000	0.00	232.13	0.0	5803.2	1782.7	859604.1
P176	4+375.000	25.000	0.00	223.04	0.0	5576.0	1782.7	865180.1
P177	4+400.000	25.000	0.00	213.96	0.0	5349.0	1782.7	870529.1
P178	4+425.000	25.000	0.00	203.48	0.0	5086.9	1782.7	875616.0
P179	4+450.000	25.000	0.00	188.79	0.0	4719.7	1782.7	880335.8
P180	4+475.000	25.000	0.00	174.08	0.0	4351.9	1782.7	884687.7
P181	4+500.000	25.000	0.00	157.91	0.0	3947.9	1782.7	888635.6
P182	4+525.000	25.000	0.00	143.96	0.0	3598.9	1782.7	892234.5
P183	4+550.000	25.000	0.00	130.48	0.0	3261.9	1782.7	895496.4
P184	4+575.000	25.000	0.00	125.72	0.0	3143.1	1782.7	898639.5
P185	4+600.000	25.000	0.00	121.45	0.0	3036.2	1782.7	901675.7
P186	4+625.000	25.000	0.00	120.07	0.0	3001.8	1782.7	904677.5
P187	4+650.000	25.000	0.00	121.66	0.0	3041.4	1782.7	907718.9
P188	4+675.000	25.000	0.00	118.10	0.0	2952.4	1782.7	910671.4
P189	4+700.000	25.000	0.00	116.65	0.0	2916.3	1782.7	913587.7
P190	4+725.000	25.000	0.00	106.86	0.0	2671.4	1782.7	916259.1
P191	4+750.000	25.000	0.00	91.93	0.0	2298.4	1782.7	918557.5
P192	4+775.000	25.000	0.00	78.35	0.0	1958.9	1782.7	920516.4
P193	4+800.000	25.000	0.00	66.65	0.0	1666.7	1782.7	922183.0
P194	4+825.000	25.000	0.00	56.02	0.0	1400.8	1782.7	923583.9
P195	4+850.000	25.000	0.00	43.70	0.0	1092.7	1782.7	924676.6
P196	4+875.000	25.000	0.00	32.14	0.0	804.0	1782.7	925480.6
P197	4+900.000	25.000	0.00	20.58	0.0	514.9	1782.7	925995.5
P198	4+925.000	25.000	0.09	11.39	2.2	285.1	1784.9	926280.6
P199	4+950.000	25.000	0.17	8.05	4.2	201.4	1789.1	926482.0
P200	4+975.000	25.000	0.97	3.98	24.1	99.5	1813.2	926581.5
P201	5+000.000	25.000	3.24	0.90	80.8	22.6	1894.0	926604.1
P202	5+025.000	25.000	7.19	0.89	179.6	22.4	2073.6	926626.5
P203	5+050.000	25.000	13.77	0.44	344.0	10.9	2417.6	926637.4
P204	5+075.000	25.000	19.13	0.18	477.9	4.6	2895.5	926642.0
P205	5+100.000	25.000	26.28	0.06	656.8	1.5	3552.3	926643.5
P206	5+125.000	25.000	32.13	0.06	802.9	1.5	4355.3	926645.0
P207	5+150.000	25.000	38.27	0.06	956.4	1.5	5311.7	926646.5

P208	5+175.000	25.000	46.87	0.06	1171.3	1.5	6483.0	926648.0
P209	5+200.000	25.000	55.72	0.06	1392.8	1.5	7875.8	926649.5
P210	5+225.000	25.000	63.45	0.06	1586.0	1.5	9461.8	926651.0
P211	5+250.000	25.000	72.04	0.06	1800.6	1.5	11262.4	926652.5
P212	5+275.000	25.000	78.58	0.06	1964.4	1.5	13226.9	926654.0
P213	5+300.000	25.000	83.23	0.06	2080.5	1.5	15307.3	926655.5
P214	5+325.000	25.000	87.88	0.06	2196.7	1.5	17504.0	926657.0
P215	5+350.000	25.000	91.56	0.06	2288.9	1.5	19793.0	926658.5
P216	5+375.000	25.000	93.30	0.06	2332.3	1.5	22125.3	926660.0
P217	5+400.000	25.000	93.45	0.06	2336.0	1.5	24461.3	926661.5
P218	5+425.000	25.000	94.86	0.06	2371.2	1.5	26832.5	926663.0
P219	5+450.000	25.000	96.14	0.06	2403.3	1.5	29235.7	926664.5
P220	5+475.000	25.000	99.77	0.06	2494.0	1.5	31729.8	926666.0
P221	5+500.000	25.000	103.53	0.06	2587.8	1.5	34317.5	926667.5
P222	5+525.000	25.000	107.16	0.06	2678.6	1.5	36996.1	926669.0
P223	5+550.000	25.000	110.68	0.06	2766.7	1.5	39762.8	926670.5
P224	5+575.000	25.000	115.31	0.06	2882.4	1.5	42645.2	926672.0
P225	5+600.000	25.000	120.65	0.06	3015.9	1.5	45661.1	926673.4
P226	5+625.000	25.000	126.18	0.06	3154.1	1.5	48815.2	926674.9
P227	5+650.000	25.000	133.38	0.06	3334.0	1.5	52149.2	926676.4
P228	5+675.000	25.000	141.14	0.06	3528.0	1.5	55677.2	926677.9
P229	5+700.000	25.000	149.68	0.06	3741.6	1.5	59418.8	926679.4
P230	5+725.000	25.000	159.76	0.06	3993.7	1.5	63412.5	926680.9
P231	5+750.000	25.000	171.47	0.06	4286.4	1.5	67698.9	926682.4
P232	5+775.000	25.000	182.85	0.06	4570.9	1.5	72269.8	926683.9
P233	5+800.000	25.000	192.07	0.06	4801.3	1.5	77071.1	926685.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P234	5+825.000	25.000	211.85	0.06	5295.5	1.5	82366.6	926686.9
P235	5+850.000	25.000	236.73	0.06	5917.5	1.5	88284.1	926688.4
P236	5+875.000	25.000	262.45	0.06	6560.3	1.5	94844.4	926689.9
P237	5+900.000	25.000	288.59	0.06	7213.7	1.5	102058.2	926691.5
P238	5+925.000	25.000	317.38	0.06	7933.4	1.5	109991.5	926693.0
P239	5+950.000	25.000	347.14	0.06	8677.6	1.5	118669.2	926694.5
P240	5+975.000	25.000	382.33	0.06	9558.3	1.5	128227.4	926696.0
P241	6+000.000	25.000	416.86	0.06	10421.5	1.5	138648.9	926697.5
P242	6+025.000	25.000	446.33	0.06	11158.2	1.5	149807.1	926699.0
P243	6+050.000	25.000	476.35	0.06	11908.7	1.5	161715.8	926700.5
P244	6+075.000	25.000	508.09	0.06	12702.2	1.5	174417.9	926702.0
P245	6+100.000	25.000	541.72	0.06	13543.0	1.5	187960.9	926703.5
P246	6+125.000	25.000	558.30	0.06	13957.5	1.5	201918.4	926705.0
P247	6+150.000	25.000	455.08	0.06	11377.0	1.5	213295.4	926706.5
P248	6+175.000	25.000	327.76	0.06	8194.0	1.5	221489.5	926708.0
P249	6+200.000	25.000	272.54	0.06	6813.6	1.4	228303.1	926709.4
P250	6+225.000	25.000	108.87	0.06	2721.7	1.5	231024.8	926710.9
P251	6+250.000	25.000	9.08	0.54	226.9	13.4	231251.7	926724.3
P252	6+275.000	25.000	0.00	126.53	0.0	3163.2	231251.7	929887.5
P253	6+300.000	25.000	0.00	247.28	0.0	6182.1	231251.7	936069.5
P254	6+325.000	25.000	0.00	371.95	0.0	9298.9	231251.7	945368.4
P255	6+350.000	25.000	0.00	460.82	0.0	11520.6	231251.7	956889.0
P256	6+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P257	6+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P258	6+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P259	6+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P260	6+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P261	6+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P262	6+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P263	6+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P264	6+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	956889.0
P265	6+600.000	25.000	0.00	423.21	0.0	10580.3	231251.7	967469.3
P266	6+625.000	25.000	0.00	416.76	0.0	10418.9	231251.7	977888.2
P267	6+650.000	25.000	0.00	405.79	0.0	10146.6	231251.7	988034.8
P268	6+675.000	25.000	0.00	332.49	0.0	8317.3	231251.7	996352.1

P269	6+700.000	25.000	0.00	190.57	0.0	4765.2	231251.7	1001117.3
P270	6+725.000	25.000	0.00	96.25	0.0	2406.7	231251.7	1003524.0
P271	6+750.000	25.000	0.00	116.98	0.0	2925.1	231251.7	1006449.1
P272	6+775.000	25.000	0.00	131.40	0.0	3285.4	231251.7	1009734.5
P273	6+800.000	25.000	0.00	143.98	0.0	3599.8	231251.7	1013334.3
P274	6+825.000	25.000	0.00	159.92	0.0	3998.3	231251.7	1017332.6
P275	6+850.000	25.000	0.00	174.27	0.0	4357.2	231251.7	1021689.8
P276	6+875.000	25.000	0.00	189.64	0.0	4741.6	231251.7	1026431.4
P277	6+900.000	25.000	0.00	212.98	0.0	5325.0	231251.7	1031756.4
P278	6+925.000	25.000	0.00	255.73	0.0	6394.6	231251.7	1038151.0
P279	6+950.000	25.000	0.00	310.23	0.0	7757.8	231251.7	1045908.7
P280	6+975.000	25.000	0.00	362.30	0.0	9059.5	231251.7	1054968.2
P281	7+000.000	25.000	0.00	400.86	0.0	10022.8	231251.7	1064991.0
P282	7+025.000	25.000	0.00	416.35	0.0	10409.6	231251.7	1075400.6
P283	7+050.000	25.000	0.00	363.17	0.0	9078.3	231251.7	1084478.9
P284	7+075.000	25.000	0.00	255.66	0.0	6390.2	231251.7	1090869.1
P285	7+100.000	25.000	0.00	160.88	0.0	4021.0	231251.7	1094890.1
P286	7+125.000	25.000	0.00	92.12	0.0	2302.3	231251.7	1097192.4
P287	7+150.000	25.000	0.00	37.18	0.0	929.4	231251.7	1098121.8
P288	7+175.000	25.000	0.00	45.20	0.0	1130.3	231251.7	1099252.0
P289	7+200.000	25.000	0.00	66.92	0.0	1673.3	231251.7	1100925.3
P290	7+225.000	25.000	0.00	98.50	0.0	2462.9	231251.7	1103388.2
P291	7+250.000	25.000	0.00	118.25	0.0	2956.6	231251.7	1106344.8
P292	7+275.000	25.000	0.00	134.49	0.0	3362.5	231251.7	1109707.3
P293	7+300.000	25.000	0.00	147.14	0.0	3678.6	231251.7	1113385.9
P294	7+325.000	25.000	0.00	157.38	0.0	3934.6	231251.7	1117320.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P295	7+350.000	25.000	0.00	176.09	0.0	4402.2	231251.7	1121722.7
P296	7+375.000	25.000	0.00	204.76	0.0	5119.1	231251.7	1126841.7
P297	7+400.000	25.000	0.00	238.56	0.0	5964.1	231251.7	1132805.8
P298	7+425.000	25.000	0.00	268.78	0.0	6719.4	231251.7	1139525.2
P299	7+450.000	25.000	0.00	299.64	0.0	7490.9	231251.7	1147016.1
P300	7+475.000	25.000	0.00	346.78	0.0	8669.5	231251.7	1155685.7
P301	7+500.000	25.000	0.00	399.44	0.0	9986.1	231251.7	1165671.8
P302	7+525.000	25.000	0.00	452.03	0.0	11300.6	231251.7	1176972.4
P303	7+550.000	25.000	0.00	429.88	0.0	10747.0	231251.7	1187719.4
P304	7+575.000	25.000	0.00	402.18	0.0	10054.5	231251.7	1197773.9
P305	7+600.000	25.000	0.00	385.40	0.0	9635.0	231251.7	1207408.9
P306	7+625.000	25.000	0.00	407.77	0.0	10194.2	231251.7	1217603.2
P307	7+650.000	25.000	0.00	464.76	0.0	11619.0	231251.7	1229222.2
P308	7+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1229222.2
P309	7+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1229222.2
P310	7+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1229222.2
P311	7+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1229222.2
P312	7+775.000	25.000	0.00	671.96	0.0	16798.9	231251.7	1246021.1
P313	7+800.000	25.000	0.00	699.17	0.0	17479.2	231251.7	1263500.3
P314	7+825.000	25.000	0.00	715.61	0.0	17890.3	231251.7	1281390.7
P315	7+850.000	25.000	0.00	722.14	0.0	18051.8	231251.7	1299442.5
P316	7+875.000	25.000	0.00	723.84	0.0	18093.5	231251.7	1317536.0
P317	7+900.000	25.000	0.00	728.05	0.0	18199.8	231251.7	1335735.8
P318	7+925.000	25.000	0.00	749.78	0.0	18739.2	231251.7	1354475.0
P319	7+950.000	25.000	0.00	758.39	0.0	18954.8	231251.7	1373429.8
P320	7+975.000	25.000	0.00	739.28	0.0	18486.9	231251.7	1391916.8
P321	8+000.000	25.000	0.00	699.25	0.0	17482.7	231251.7	1409399.5
P322	8+025.000	25.000	0.00	675.99	0.0	16895.0	231251.7	1426294.5
P323	8+050.000	25.000	0.00	677.38	0.0	16926.8	231251.7	1443221.3
P324	8+075.000	25.000	0.00	678.26	0.0	16952.7	231251.7	1460174.0
P325	8+100.000	25.000	0.00	642.98	0.0	16079.8	231251.7	1476253.8
P326	8+125.000	25.000	0.00	575.91	0.0	14412.7	231251.7	1490666.5
P327	8+150.000	25.000	0.00	506.97	0.0	12695.7	231251.7	1503362.2
P328	8+175.000	25.000	0.00	446.53	0.0	11187.6	231251.7	1514549.8
P329	8+200.000	25.000	0.00	396.93	0.0	9947.3	231251.7	1524497.2

P330	8+225.000	25.000	0.00	366.30	0.0	9178.9	231251.7	1533676.1
P331	8+250.000	25.000	0.00	360.63	0.0	9035.5	231251.7	1542711.5
P332	8+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1542711.5
P333	8+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1542711.5
P334	8+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	231251.7	1542711.5
P335	8+350.000	25.000	0.00	345.42	0.0	8633.7	231251.7	1551345.2
P336	8+375.000	25.000	0.00	358.74	0.0	8963.9	231251.7	1560309.1
P337	8+400.000	25.000	0.00	313.55	0.0	7831.2	231251.7	1568140.3
P338	8+425.000	25.000	0.00	279.11	0.0	6970.9	231251.7	1575111.1
P339	8+450.000	25.000	0.00	245.99	0.0	6144.3	231251.7	1581255.4
P340	8+475.000	25.000	0.00	222.11	0.0	5549.2	231251.7	1586804.6
P341	8+500.000	25.000	0.00	208.04	0.0	5198.5	231251.7	1592003.1
P342	8+525.000	25.000	0.00	197.95	0.0	4948.3	231251.7	1596951.4
P343	8+550.000	25.000	0.00	172.37	0.0	4315.1	231251.7	1601266.5
P344	8+575.000	25.000	0.00	116.03	0.0	2907.6	231251.7	1604174.0
P345	8+600.000	25.000	0.00	100.35	0.0	2514.7	231251.7	1606688.7
P346	8+625.000	25.000	0.00	78.61	0.0	1972.3	231251.7	1608661.1
P347	8+650.000	25.000	0.00	59.42	0.0	1487.9	231251.7	1610148.9
P348	8+675.000	25.000	0.03	14.55	0.9	363.8	231252.6	1610512.8
P349	8+700.000	25.000	19.87	0.27	496.7	6.7	231749.2	1610519.5
P350	8+725.000	25.000	28.73	0.06	718.2	1.4	232467.4	1610520.9
P351	8+750.000	25.000	45.02	0.06	1125.4	1.4	233592.8	1610522.3
P352	8+775.000	25.000	33.31	0.06	832.7	1.5	234425.5	1610523.8
P353	8+800.000	25.000	5.77	0.25	144.2	6.4	234569.8	1610530.2
P354	8+825.000	25.000	0.00	43.53	0.0	1088.3	234569.8	1611618.5
P355	8+850.000	25.000	0.00	99.86	0.0	2496.6	234569.8	1614115.1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P356	8+875.000	25.000	0.00	140.95	0.0	3523.8	234569.8	1617638.9
P357	8+900.000	25.000	0.00	161.37	0.0	4034.2	234569.8	1621673.1
P358	8+925.000	25.000	0.00	185.69	0.0	4642.2	234569.8	1626315.3
P359	8+950.000	25.000	0.00	208.28	0.0	5206.9	234569.8	1631522.2
P360	8+975.000	25.000	0.00	225.46	0.0	5636.4	234569.8	1637158.6
P361	9+000.000	25.000	0.00	252.15	0.0	6303.8	234569.8	1643462.3
P362	9+025.000	25.000	0.00	214.73	0.0	5368.2	234569.8	1648830.6
P363	9+050.000	25.000	0.00	177.89	0.0	4447.3	234569.8	1653277.8
P364	9+075.000	25.000	0.00	151.37	0.0	3784.2	234569.8	1657062.1
P365	9+100.000	25.000	0.00	85.03	0.0	2126.1	234569.8	1659188.2
P366	9+125.000	25.000	1.27	18.80	31.6	470.4	234601.3	1659658.6
P367	9+150.000	25.000	44.37	0.15	1108.4	3.7	235709.7	1659662.3
P368	9+175.000	25.000	104.43	0.06	2609.6	1.5	238319.3	1659663.8
P369	9+200.000	25.000	132.51	0.06	3311.2	1.5	241630.5	1659665.3
P370	9+225.000	25.000	148.01	0.06	3698.7	1.5	245329.2	1659666.8
P371	9+250.000	25.000	164.54	0.06	4111.6	1.5	249440.8	1659668.4
P372	9+275.000	25.000	168.28	0.06	4205.0	1.5	253645.8	1659669.9
P373	9+300.000	25.000	154.21	0.06	3853.6	1.5	257499.4	1659671.3
P374	9+325.000	25.000	117.95	0.06	2948.0	1.5	260447.4	1659672.8
P375	9+350.000	25.000	80.97	0.06	2023.5	1.4	262470.9	1659674.3
P376	9+375.000	25.000	83.24	0.06	2080.1	1.5	264551.0	1659675.8
P377	9+400.000	25.000	101.80	0.06	2543.6	1.5	267094.6	1659677.2
P378	9+425.000	25.000	105.27	0.06	2630.4	1.5	269725.0	1659678.7
P379	9+450.000	25.000	96.33	0.06	2406.8	1.5	272131.8	1659680.2
P380	9+475.000	25.000	70.75	0.06	1767.5	1.5	273899.3	1659681.8
P381	9+500.000	25.000	34.08	0.22	851.3	5.5	274750.6	1659687.3
P382	9+525.000	25.000	27.03	0.06	675.8	1.6	275426.4	1659688.9
P383	9+550.000	25.000	65.12	0.06	1628.5	1.5	277054.9	1659690.4
P384	9+575.000	25.000	98.07	0.06	2452.1	1.5	279507.0	1659691.9
P385	9+600.000	25.000	133.87	0.06	3347.1	1.5	282854.0	1659693.4
P386	9+625.000	25.000	174.99	0.06	4375.4	1.5	287229.5	1659694.9
P387	9+650.000	25.000	207.60	0.06	5190.6	1.5	292420.0	1659696.5
P388	9+675.000	25.000	254.86	0.06	6372.3	1.5	298792.3	1659698.0
P389	9+700.000	25.000	329.09	0.06	8228.4	1.5	307020.7	1659699.5
P390	9+725.000	25.000	409.68	0.06	10243.0	1.5	317263.7	1659701.0

P391	9+750.000	25.000	485.89	0.06	12148.4	1.5	329412.2	1659702.5
P392	9+775.000	25.000	547.15	0.06	13680.4	1.5	343092.6	1659704.0
P393	9+800.000	25.000	607.58	0.06	15191.7	1.5	358284.3	1659705.5
P394	9+825.000	25.000	674.80	0.06	16872.6	1.5	375156.9	1659707.0
P395	9+850.000	25.000	748.88	0.06	18725.1	1.5	393882.0	1659708.5
P396	9+875.000	25.000	832.61	0.06	20819.0	1.5	414701.0	1659709.9
P397	9+900.000	25.000	896.81	0.06	22423.4	1.5	437124.4	1659711.4
P398	9+925.000	25.000	968.73	0.06	24221.4	1.5	461345.7	1659712.9
P399	9+950.000	25.000	982.15	0.06	24558.1	1.4	485903.8	1659714.3
P400	9+975.000	25.000	964.49	0.06	24117.6	1.4	510021.4	1659715.7
P401	10+000.000	25.000	884.14	0.06	22110.3	1.4	532131.7	1659717.1
P402	10+025.000	25.000	826.98	0.06	20679.0	1.4	552810.6	1659718.6
P403	10+050.000	25.000	745.74	0.06	18646.6	1.5	571457.2	1659720.1
P404	10+075.000	25.000	655.45	0.06	16389.0	1.6	587846.3	1659721.6
P405	10+100.000	25.000	577.12	0.06	14429.0	1.5	602275.3	1659723.2
P406	10+125.000	25.000	483.58	0.06	12089.4	1.6	614364.7	1659724.8
P407	10+150.000	25.000	412.71	0.06	10317.8	1.6	624682.5	1659726.3
P408	10+175.000	25.000	376.92	0.06	9423.0	1.5	634105.5	1659727.9
P409	10+200.000	25.000	338.40	0.06	8460.1	1.5	642565.6	1659729.4
P410	10+225.000	25.000	267.46	0.06	6686.6	1.5	649252.2	1659730.9
P411	10+250.000	25.000	202.35	0.06	5058.6	1.5	654310.8	1659732.4
P412	10+275.000	25.000	156.60	0.06	3915.0	1.5	658225.9	1659733.9
P413	10+300.000	25.000	146.29	0.06	3657.3	1.5	661883.1	1659735.3
P414	10+325.000	25.000	137.54	0.06	3438.5	1.5	665321.6	1659736.8
P415	10+350.000	25.000	138.07	0.06	3451.8	1.5	668773.4	1659738.3
P416	10+375.000	25.000	139.29	0.06	3482.1	1.5	672255.5	1659739.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P417	10+400.000	25.000	128.10	0.06	3202.5	1.5	675458.1	1659741.2
P418	10+425.000	25.000	107.20	0.06	2679.9	1.5	678138.0	1659742.8
P419	10+450.000	25.000	96.86	0.06	2421.5	1.5	680559.5	1659744.3
P420	10+475.000	25.000	91.58	0.06	2289.4	1.5	682848.8	1659745.8
P421	10+500.000	25.000	79.43	0.06	1985.6	1.5	684834.5	1659747.3
P422	10+525.000	25.000	78.36	0.06	1959.1	1.5	686793.5	1659748.8
P423	10+550.000	25.000	64.16	0.06	1604.0	1.5	688397.5	1659750.3
P424	10+575.000	25.000	45.11	0.06	1127.6	1.5	689525.2	1659751.7
P425	10+600.000	25.000	22.98	0.20	574.6	4.9	690099.8	1659756.7
P426	10+625.000	25.000	3.31	2.73	82.9	68.2	690182.6	1659824.8
P427	10+650.000	25.000	0.00	24.15	0.0	603.7	690182.6	1660428.5
P428	10+675.000	25.000	0.00	51.99	0.0	1299.7	690182.6	1661728.2
P429	10+700.000	25.000	0.00	75.75	0.0	1893.8	690182.6	1663622.1
P430	10+725.000	25.000	0.00	121.35	0.0	3033.8	690182.6	1666655.9
P431	10+750.000	25.000	0.00	164.49	0.0	4112.3	690182.6	1670768.2
P432	10+775.000	25.000	0.00	213.67	0.0	5341.7	690182.6	1676109.9
P433	10+800.000	25.000	0.00	267.14	0.0	6678.4	690182.6	1682788.3
P434	10+825.000	25.000	0.00	298.61	0.0	7465.1	690182.6	1690253.4
P435	10+850.000	25.000	0.00	306.89	0.0	7672.2	690182.6	1697925.7
P436	10+875.000	25.000	0.00	355.00	0.0	8875.0	690182.6	1706800.6
P437	10+900.000	25.000	0.00	362.88	0.0	9072.1	690182.6	1715872.7
P438	10+925.000	25.000	0.00	341.17	0.0	8529.2	690182.6	1724401.9
P439	10+950.000	25.000	0.00	319.06	0.0	7975.6	690182.6	1732377.5
P440	10+975.000	25.000	0.00	303.82	0.0	7593.9	690182.6	1739971.4
P441	11+000.000	25.000	0.00	290.32	0.0	7256.6	690182.6	1747227.9
P442	11+025.000	25.000	0.00	275.68	0.0	6890.7	690182.6	1754118.7
P443	11+050.000	25.000	0.00	263.46	0.0	6585.3	690182.6	1760704.0
P444	11+075.000	25.000	0.00	258.94	0.0	6472.2	690182.6	1767176.3
P445	11+100.000	25.000	0.00	253.57	0.0	6338.0	690182.6	1773514.3
P446	11+125.000	25.000	0.00	247.16	0.0	6177.7	690182.6	1779692.0
P447	11+150.000	25.000	0.00	242.86	0.0	6070.2	690182.6	1785762.2
P448	11+175.000	25.000	0.00	246.98	0.0	6173.7	690182.6	1791935.9
P449	11+200.000	25.000	0.00	259.79	0.0	6494.1	690182.6	1798430.0
P450	11+225.000	25.000	0.00	248.15	0.0	6202.9	690182.6	1804632.9
P451	11+250.000	25.000	0.00	214.90	0.0	5371.6	690182.6	1810004.5

P452	11+275.000	25.000	0.00	180.06	0.0	4500.8	690182.6	1814505.2
P453	11+300.000	25.000	0.00	146.18	0.0	3653.8	690182.6	1818159.1
P454	11+325.000	25.000	0.00	112.59	0.0	2814.0	690182.6	1820973.1
P455	11+350.000	25.000	0.00	80.36	0.0	2008.4	690182.6	1822981.4
P456	11+375.000	25.000	0.00	58.00	0.0	1449.6	690182.6	1824431.1
P457	11+400.000	25.000	0.00	41.72	0.0	1042.7	690182.6	1825473.7
P458	11+425.000	25.000	0.00	27.00	0.0	674.8	690182.6	1826148.5
P459	11+450.000	25.000	0.05	11.11	1.2	277.6	690183.8	1826426.1
P460	11+475.000	25.000	2.65	2.00	66.2	50.0	690250.0	1826476.1
P461	11+500.000	25.000	24.91	0.06	622.7	1.5	690872.7	1826477.6
P462	11+525.000	25.000	57.69	0.06	1442.3	1.5	692315.1	1826479.1
P463	11+550.000	25.000	85.75	0.06	2143.6	1.5	694458.7	1826480.6
P464	11+575.000	25.000	113.60	0.06	2840.1	1.5	697298.8	1826482.1
P465	11+600.000	25.000	141.47	0.06	3536.7	1.5	700835.5	1826483.6
P466	11+625.000	25.000	149.59	0.06	3739.8	1.5	704575.3	1826485.1
P467	11+650.000	25.000	169.10	0.06	4227.6	1.6	708802.9	1826486.7
P468	11+675.000	25.000	222.58	0.06	5564.4	1.5	714367.3	1826488.2
P469	11+700.000	25.000	296.35	0.06	7408.6	1.5	721776.0	1826489.7
P470	11+725.000	25.000	383.71	0.06	9592.6	1.5	731368.6	1826491.2
P471	11+750.000	25.000	478.10	0.06	11952.4	1.5	743321.0	1826492.7
P472	11+775.000	25.000	544.73	0.06	13618.4	1.5	756939.4	1826494.2
P473	11+800.000	25.000	541.25	0.06	13531.3	1.5	770470.7	1826495.7
P474	11+825.000	25.000	534.11	0.06	13352.9	1.5	783823.6	1826497.2
P475	11+850.000	25.000	533.69	0.06	13342.2	1.5	797165.8	1826498.7
P476	11+875.000	25.000	539.03	0.06	13475.8	1.5	810641.7	1826500.1
P477	11+900.000	25.000	532.69	0.06	13317.2	1.5	823958.9	1826501.6

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P478	11+925.000	25.000	490.82	0.06	12270.4	1.5	836229.3	1826503.0
P479	11+950.000	25.000	455.30	0.06	11382.6	1.5	847611.9	1826504.5
P480	11+975.000	25.000	409.59	0.06	10239.7	1.5	857851.6	1826506.0
P481	12+000.000	12.500	373.66	0.06	4670.8	0.8	862522.4	1826506.7