

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

**ETUDE EN APD D'UN TRANCON DE LA LIAISON
AUTOROUTIERE FREHA-AGHRIB-AZZEFOUN SUR
8KM DU PK 00+000 AU 08+273 AVEC CONCEPTION D'UN
ECHANGEUR**

Présenté par :
BRAHIMI Dihia

Encadré par :
Mr GOUMMETRE Ahmed

Promotion 2022\2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui m'a a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, mon encadreur

***Mr GOMETTRE AHMED** pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aidedurant toute la période du travail.*

*Au terme de ces **3** mois de stage, mes remerciements s'adresseront au directeur de la **DTP TIZI OUZOU**, pour m'avoir accueillies au sein de la direction. Je remercie également mon maître de stage **Mr CHEMANI** pour m'avoir orientées et conseillées tout au long de ce stage*

*Je tiens également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de **L'ENSTP** qui ont contribué à notre formation et l'élaboration de ce présent travail.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et l'enrichissement de leurs propositions.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dedicace

Tout d'abord je tiens à remercier le Dieu Puissant.

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont guidée durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenue durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, que Dieu le Tout Puissant les protègent et les gardent.

À ma chère sœur **ZAHIA**.

Ma petite sœur **SIHAM**

Je vous dis merci à tous ceux qu'ont aidé de loin ou de près pour la réalisation de ce mémoire.

Résumé :

Le projet de fin d'étude vise à faire l'étude en APD d'une section de la liaison autoroutière FREHA –AGHRIB-AZZEFOUN (allant de FREHA à AZZEFOUN sur 28km) l'ensemble du projet est situé au niveau de FREHA dans du PK 00+000 jusqu'au PK 08+273 avec la conception d'un échangeur au Pk 1+900 .

On a commencé par une présentation du projet pour montrer son emplacement et son importance. Après, une étude de trafic a fait sortir le nombre de voies de l'autoroute.

On a dévoilé les trois éléments du projet (tracé en plan, profil en long et profil en travers) en respectant les normes du **B40** et en utilisant le logiciel **AUTOPISTE** et **COVADIS**, ainsi une étude géotechnique qui nous a permis de classer les sols qui rencontrés et interprété leurs conditions d'utilisation. Puis on a dimensionné le corps de chaussée (en appliquant 2 méthodes CBR et le catalogue Algérien), et pour l'étude hydraulique on s'est servi du logiciel **Global Mapper** et **CIVIL3D** pour délimiter les bassins versants et faire sortir leurs caractéristiques géométriques.

On a présenté aussi la conception de l'échangeur selon l'**ICTAAL2015** ainsi que la signalisation et sans oublier 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 : APD, tronçon de la liaison autoroutière FREHA-AGHRIB-AZZEFOUN, , échangeur, RN73.

Abstract :

The objective of this work is to present the study detailed of a section of the FREHA – AGHRIB-AZZEFOUN motorway link (going from FREHA to AZZEFOUN over 28 km) the whole project is located at FREHA in PK 00+000 up to PK 08+273 with the design of an exchanger at Pk 1+900 .

We started with a presentation of the project to show its location and importance. Afterwards, a traffic study brought out the number of lanes on the freeway.

We unveiled the three elements of the project (layout, longitudinal profile and cross section) respecting the B40 standards and using the AUTOPISTE and COVADIS software, as well as a geotechnical study which allowed us to classify the soils that encountered and interpreted their terms of use. Then we dimensioned the body of the pavement (by applying 2 CBR methods and the Algerian catalog), and for the hydraulic study we used the Global Mapper and CIVIL3D software to delimit the watersheds and bring out their geometric characteristics.

The design of the interchange was also presented by ICTAAL2015, as well as the signaling and the environmental impact study.

At the end, the estimated and quantitative cost of the Project was calculated, and this modest work was finalized with a general conclusion

Keywords: APD, section of the FREHA-AGHRIB-AZZEFOUN motorway link, , interchange, RN73.

ملخص:

يهدف مشروع نهاية الدراسة إلى إجراء دراسة التصميم الأولية لقسم من وصلة الطريق السريع فريجة - أغريب - أزيفو (من فريجة إلى أزيفو على بعد 28 كم) يقع المشروع بأكمله في فريجة في

. بتصميم مبادل في 1+273900 PK 08 + حتى PK 00 + 000

بدأنا بعرض المشروع لإظهار موقعه وأهميته. بعد ذلك، أوضحت دراسة المرور عدد الممرات على الطريق السريع.

لقد كشفنا النقاب عن العناصر الثلاثة للمشروع (تخطيط الخطة، والملف الطولي والمقطع العرضي) مع ، بالإضافة إلى دراسة COVADIS و AUTOPISTE واستخدام برنامجي B40 احترام معايير جيوتقنية سمحت لنا بتصنيف التربة التي واجهتها وفسرت شروطها. استعمال. ثم قمنا بتحديد أبعاد جسم والكتالوج الجزائري) ، وبالنسبة للدراسة الهيدروليكية ، CBR الرصيف (من خلال تطبيق طريقتين لتحديد مستجمعات المياه وإبراز خصائصها CIVIL3D و Global Mapper استخدمنا برنامج الهندسية.

وكذلك اللافتات ودون إغفال دراسة الأثر البيئي. في ICTAAL2015 كما قدمنا تصميم التقاطع وفقاً لـ النهاية، قمنا بحساب التقدير التقديري والكمي للمشروع، وانتهينا من هذا العمل المتواضع باستنتاج عام.

الكلمات المفتاحية

APD ، RN73 ، التقاطع ، FREHA-AGHRIB-AZZEFOUN ، مقطع من وصلة الطريق السريع

Abréviation

APD : Avant-projet détaillé.

RN : route nationale.

PK : point kilométrique.

ICTAAL : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.

TJMA : trafic journalière moyen annuelle.

U.V.P : unités de véhicules particuliers.

PL : poids lourds.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

TPC : terre pleine centrale.

BDG : bande dérasé gauche.

BM : bande moyenne.

BAU : bande d'arrêt d'urgence

BDD : bande dérasé droite.

GTR : guide de terrassement routier.

SETRA : service d'études techniques des routes et autoroutes.

LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

CBR : California - Bearing – Ratio. **BB** : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

AN : application numérique. **BV** : bassin versant.

DBA : double séparateur en béton adhérent.

GS : glissière de sécurité.

THT : total hors taxes. **TTC** : toutes taxes compris.

TVA : taxe sur la valeur ajoutée.

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau 1 coefficient d'equivalence(norme b40) | 15 |
| Tableau 2 coefficient k1..... | 16 |
| Tableau 3 coefficient k2..... | 16 |
| Tableau 4 capacité (norme b40)..... | 17 |
| Tableau 5 valeurs des rayons et les dévers associés B40..... | 23 |
| Tableau 6 coordonnées des sommets a calculer | 26 |
| Tableau 7 listing d'axe en plan..... | 29 |
| Tableau 8 RAYON ROFIL EN LONG..... | 31 |
| Tableau 9 les données de l'axe a calculer..... | 32 |
| Tableau 10 listing profil en long..... | 33 |
| Tableau 11 profil en travers type proposé | 36 |
| Tableau 12 Résultats des sondages carottés..... | 42 |
| Tableau 13 résultats des sondages carottées..... | 44 |
| Tableau 14 puits de reconnaissance | 45 |
| Tableau 15 RESULTATS ESSAI PRESSIOMETRIQUE..... | 46 |
| Tableau 16 résultats essai mécanique..... | 50 |
| Tableau 17 Récapitulés dans le tableau ci-dessous | 51 |
| Tableau 18 RESULTATS ESSAI DE LABORATOIRE | 52 |
| Tableau 19 température équivalente..... | 58 |
| Tableau 20 EPAISSEUR DES COUCHES ET TYPE LIAISON | 62 |
| Tableau 21 Matériaux traités au bitume..... | 63 |
| Tableau 22 Résultats des déformations | 64 |
| Tableau 23 coefficients d'équivalence pour les matériaux..... | 65 |
| Tableau 24 CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS..... | 68 |
| Tableau 25 INTENSITE DE PLUIE..... | 72 |
| Tableau 26 les débits | 73 |
| Tableau 27 Dimensions des buses..... | 76 |
| Tableau 28 dimensions dalots | 77 |
| Tableau 29 caractéristiques des sous bassins versants | 79 |
| Tableau 30 coefficients de ruissellement | 80 |
| Tableau 31 Le débit équivalent des bassins versants | 80 |
| Tableau 32 VALEURS LIMITE DES RAYONS | 87 |
| Tableau 33 Valeurs limites des paramètres de profil en long..... | 90 |
| Tableau 34 BRETELLE UNIDIRECTIONNELLE A UNE VOIE | 90 |
| Tableau 35 PRESENTATION DES OUVRAGES | 91 |
| Tableau 36 type de marquages longitudinaux | 98 |
| Tableau 37 Types de marquages longitudinaux (échangeur) | 100 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 fissure transversale | 2 |
| Figure 2 fissure longitudinale..... | 3 |
| Figure 3 faïençage de la chaussée..... | 3 |
| Figure 4 orniérage de la chaussée..... | 4 |
| Figure 5 affaissement de la chaussée..... | 4 |
| Figure 6 des enrobage et arrachement | 5 |
| Figure 7 ressuage de la chaussée | 5 |
| Figure 8 nid de poule | 6 |
| Figure 9 wilaya de tizi ousou..... | 9 |
| Figure 10 carte topographique de azzefoun | 10 |
| Figure 11 reseau hydraulique de tizi ousou | 11 |
| Figure 12 zones de sismicité en Algérie "nord et centre" | 11 |
| Figure 13 courbe de temperature de la region..... | 12 |
| Figure 14 photo prise dans la région freha..... | 12 |
| Figure 15 tronçon étudié | 13 |
| Figure 16 Caractéristiques géométriques de l'élément à calculer | 26 |
| Figure 17 SCHEMA DE ELEMENT A CALCULER | 32 |
| Figure 18 éléments constitutifs du profils en travers | 34 |
| Figure 19 déblai et remblai sur profil en long..... | 38 |
| Figure 20 abaque de gtr..... | 40 |
| Figure 21 carte géologique de la zone étudié..... | 41 |
| Figure 22 exécution du sondage | 43 |
| Figure 23 chaussée souple | 55 |
| Figure 24 chaussée rigide..... | 55 |
| Figure 25 chaussée semi rigide | 56 |
| Figure 26 dimensionnement du corps de chaussée..... | 56 |
| Figure 27 classe de TPL pour pr1..... | 58 |
| Figure 28 coefficient d'agressivité | 60 |
| Figure 29 classe du portance de sol selon cbr | 60 |
| Figure 30 CLASSE DU PORTANCE DU SOL SUPPORT | 61 |
| Figure 31 sur classement du sol support | 61 |
| Figure 32 structure proposée par fascicule3 | 62 |
| Figure 33 EXTRAIT DU FASCICULE 2..... | 62 |
| Figure 34 écran alizé | 64 |
| Figure 35 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT | 69 |
| Figure 36 VALEURS DU COEFFICIENTS DU RUISSELLEMENT..... | 73 |
| Figure 37 BUSE..... | 75 |
| Figure 38 DALOT..... | 76 |
| Figure 39 LA FOSSEE | 78 |
| Figure 40 DIMENSION DE LA FOSSEE | 81 |
| Figure XLI Echangeur en trèfle | 83 |
| Figure 42 ECHANGEUR EN TURBINE..... | 83 |
| Figure 43 ECHANGEUR TURCOT | 83 |
| Figure 44 ECHANGEUR A 4 niveau..... | 84 |
| Figure 45 echangeur tompette..... | 84 |
| Figure 46 échangeur a 5 niveaux..... | 84 |
| Figure 47 type de bretelle..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| Figure 48 passage inferieur | 86 |
| Figure 49 passage supérieur | 86 |
| Figure 50 dispositif de sortie par deboitement | 89 |
| Figure 51 dispositif d'entre en insertion | 89 |
| Figure 52 vue en plan échangeur | 90 |
| Figure 53 pin d'alep et eucalyptus | 93 |
| Figure 54 renard et chervre | 93 |
| Figure 55 types de marquages longitudinaux (section courante) | 98 |
| Figure 56 glissière de sécurité type GS2 | 99 |
| Figure 57 double séparateurs en béton adhérent | 99 |
| Figure 58types de marquage longitudinaux(echangeur) | 100 |
| Figure 59 musoir métallique | 100 |
| Figure 60 balise type j14A..... | 101 |
| Figure 61cloture a treillis a mailles progressives | 101 |

SOMMAIRE :

| | | |
|--------|--|----|
| I.1 | Introduction : | 2 |
| I.2 | DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES..... | 2 |
| I.2.1 | Fissuration : | 2 |
| I.2.2 | Déformation de la surface : | 4 |
| I.2.3 | Affaissement : | 4 |
| I.3 | Défauts de l'enrobé et perte du revêtement : | 5 |
| I.3.1 | Dés enrobage et arrachement : | 5 |
| I.3.2 | Ressuage..... | 5 |
| I.3.3 | Le nid de poule : | 6 |
| I.4 | Entretien des chaussées : | 6 |
| I.4.1 | ENTRETIEN COURANT..... | 6 |
| I.4.2 | ENTRETIEN PERIODIQUE : | 7 |
| I.5 | CONCLUSION : | 8 |
| I.6 | INTRODUCTION : | 9 |
| I.7 | Description de la zone d'étude : | 9 |
| I.8 | Topographie : | 9 |
| I.9 | Géologie : | 10 |
| I.10 | Pluviométrie : | 10 |
| I.11 | Sismicité : | 11 |
| I.12 | Climat : | 11 |
| I.13 | Patrimoine forestier : | 12 |
| I.14 | Localisation du projet : | 12 |
| I.15 | OBJECTIF DU PROJET : | 13 |
| I.16 | Introduction : | 14 |
| I.17 | Analyse du trafic : | 14 |
| I.18 | Différents types du trafic : | 14 |
| I.18.1 | Trafic normal : | 14 |
| I.18.2 | Trafic dévié : | 14 |
| I.18.3 | Trafic induit : | 14 |
| I.18.4 | Trafic total : | 14 |
| I.19 | Modèles de présentation de trafic : | 14 |
| I.20 | Calcul de la capacité : | 15 |
| I.20.1 | La capacité de la route : | 15 |
| I.20.2 | Calcul TJMA horizon : | 15 |
| I.20.3 | Calcul du trafic effectif : | 15 |
| I.20.4 | Débit de pointe horaire normal : | 16 |

| | | |
|---------|--|----|
| I.20.5 | Débit horaire admissible : | 16 |
| I.21 | APPLICATION AU PROJET : | 18 |
| I.21.1 | Les données du trafic : | 18 |
| I.21.2 | Calcul TJMA horizon : | 18 |
| I.21.3 | Calcul trafic effectif : | 18 |
| I.21.4 | Calcul de débit de pointe horaire normal : | 18 |
| I.21.5 | Calcul de capacité théorique : | 19 |
| I.21.6 | Calcul de débit admissible : | 19 |
| I.21.7 | Détermination de nombre de voie : | 19 |
| I.22 | Application sur les bretelles : | 20 |
| I.22.1 | Calcul TJMA horizon pour la bretelle : | 20 |
| I.22.2 | Calcul du trafic équivalent pour la bretelle : | 20 |
| I.22.3 | Calcul de débit de pointe horaire normal : | 20 |
| I.22.4 | Détermination de nombre de voie dans la bretelle : | 20 |
| I.23 | Introduction : | 21 |
| I.24 | Tracé en plan : | 21 |
| I.24.1 | Règles à respecter dans le tracé en plan : | 21 |
| I.24.2 | Les éléments du tracé en plan : | 21 |
| I.24.3 | Le devers : | 22 |
| I.24.4 | Rayon de courbure : | 22 |
| I.24.5 | Visibilité en courbe : | 23 |
| I.24.6 | Sur largeur : | 24 |
| I.24.7 | Courbe de raccordement : | 24 |
| I.24.8 | Types de courbes de raccordement : | 25 |
| I.24.9 | APPLICATION AU PROJET : | 26 |
| I.24.10 | Description de l'axe en plan : | 26 |
| I.24.11 | Contraintes : | 26 |
| I.24.12 | Exemple de calcul sur axe en plan : | 26 |
| | Calcul du gisement : | 27 |
| | Calcul de distance : | 27 |
| | Calcul du sommet du point : | 27 |
| | Calcul des points Tangents : | 27 |
| | Les longueurs : | 28 |
| I.25 | Conclusion : | 28 |
| I.26 | Profil en long : | 29 |
| I.26.1 | Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge : | 29 |
| I.26.2 | Eléments géométrique du profil en long : | 29 |
| I.26.3 | Coordination entre le tracé en plan et le profil en long : | 29 |
| I.26.4 | Déclivité : | 30 |
| I.26.5 | Les raccordements en profil en long : | 30 |

| | | |
|--------|---|----|
| I.26.6 | Exemple de calcul : | 31 |
| I.26.7 | Calcul des pentes : | 32 |
| | Calcul de sommet : | 32 |
| I.26.8 | Calcul de T : | 32 |
| | Calcul de la flèche : $\beta \times Bx = T^2 / 2R = 1,805m$. | 32 |
| | Calcul des points Tangents : | 32 |
| | Calcul des Longueurs : | 32 |
| | Longueur de la courbe..... | 33 |
| I.26.9 | Vérification du calcul manuel : | 33 |
| I.27 | Profil en travers : | 34 |
| I.27.1 | Introduction : | 34 |
| I.27.2 | Classification du profil en travers : | 34 |
| I.27.3 | Éléments constitutifs du profil en travers : | 34 |
| I.27.4 | Quelques définitions : | 35 |
| I.27.5 | Application au projet : | 35 |
| I.28 | Introduction : | 37 |
| I.29 | Méthode de calcul utilisée : | 37 |
| I.29.1 | Description de la méthode : | 37 |
| I.29.2 | Exemple : | 37 |
| I.30 | introduction : | 39 |
| I.31 | Objectifs de la géotechnique : | 39 |
| I.32 | Les moyens de reconnaissances : | 39 |
| I.32.1 | Les différents essais réalisés au laboratoire : | 39 |
| I.32.2 | Classification des matériaux : | 40 |
| I.33 | Application au projet : | 41 |
| I.33.1 | Les moyens de reconnaissance : | 41 |
| I.33.2 | L'essai in situ | 42 |
| I.33.3 | Les essais en laboratoire : | 49 |
| I.33.4 | PROSPECTION DES MATERIAUX SUBNORMAUX POUR LEUR UTILISATION EN REMBLAI. | 52 |
| I.34 | Conclusion : | 53 |
| I.35 | Introduction : | 54 |
| I.36 | Définition de la chaussée : | 54 |
| I.36.1 | Les différents types des chaussées : | 54 |
| I.36.2 | Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée : | 56 |
| I.36.3 | Application au projet : | 58 |
| I.36.4 | Choix de la structure de la chaussée : | 62 |
| I.36.5 | Epaisseur des couches et type de liaison : | 62 |
| I.36.6 | Verfication en fatigue des structures : | 62 |
| I.36.7 | Performances mécaniques des matériaux bitumineux : | 63 |
| I.36.8 | Vérification par ALIZE de la structure retenue : | 64 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| I.36.9 | Application de la méthode CBR : | 65 |
| I.37 | CONCLUSION : | 66 |
| I.38 | Introduction : | 67 |
| I.39 | Etude hydrologique : | 67 |
| I.39.1 | Délimitation des bassins versants : | 67 |
| I.39.2 | Estimation de débits de crue : | 69 |
| I.39.3 | Etude hydraulique : | 74 |
| I.39.4 | Application au projet : | 76 |
| I.39.5 | Dimensionnement du réseau d'assainissement : | 77 |
| I.39.6 | Dimensionnement des fossés : | 78 |
| I.39.7 | Application au projet : | 79 |
| I.40 | introduction : | 82 |
| I.41 | Description d'un échangeur : | 82 |
| I.41.1 | Le rôle d'un échangeur : | 82 |
| I.41.2 | Type des échangeurs : | 82 |
| I.41.3 | Critères de conception d'un échangeur : | 84 |
| I.41.4 | Eléments qui constituent un échangeur : | 85 |
| I.41.5 | Choix de type de l'échangeur : | 87 |
| I.42 | CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES : | 87 |
| I.42.1 | Tracé en plan : | 87 |
| I.42.2 | Profil en long : | 90 |
| I.42.3 | Le profil en travers : | 90 |
| I.42.4 | Application au projet : | 90 |
| I.43 | Introduction : | 91 |
| I.44 | Choix des types d'ouvrage | 91 |
| I.44.1 | Gabarit à traverser : | 91 |
| I.44.2 | Présentation des ouvrages : | 91 |
| I.45 | Introduction : | 92 |
| I.46 | Impact de route sur l'environnement : | 92 |
| I.47 | Description état initial de la zone étudié : | 92 |
| I.47.2 | Les mesures prises pour minimiser les impacts : | 95 |
| I.48 | Conclusion : | 95 |
| I.49 | Introduction : | 96 |
| I.50 | Critères à respecter pour signalisations : | 96 |
| I.51 | Catégorie de signalisation : | 96 |
| I.52 | Types de signalisation : | 96 |
| I.52.1 | SIGNALISATION VERTICALE : | 96 |
| I.52.2 | SIGNALISATION HORIZONTALE : | 97 |
| I.52.3 | Application au projet | 98 |
| CONCUSION | | 112 |

INTRODUCTION GENERALE

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle est liée de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations, favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

Ce développement des réseaux assure une croissance économique dans la région grâce à une connectivité étendue sur le transport des personnes ou bien de marchandises vers tout le territoire national.

Ce projet de fin d'étude (PFE) qui s'étend sur trois mois de stage, a pour objectif de permettre aux étudiants de cinquième année à l'ENSTP de développer, compléter et mettre en application dans un cadre d'ingénieur débutant les enseignements et les connaissances acquises durant leurs cursus à l'école.

Après avoir effectué les précédents stages dans des différentes entreprises et sociétés algériennes en suivant l'étude, la réalisation et la tâche administrative de leurs projets,

Le thème du PFE consiste à faire l'étude en APD d'un tronçon de la liaison autoroutière sur 8km sur la section qui relie FREHA à AZZEFOUN du PK 0+00 au PK 08+273 km avec la conception d'un échangeur.

Le présent mémoire comprend les chapitres suivants :

- ❖ Introduction générale
- ❖ Recherche bibliographique.
- ❖ Présentation du projet.
- ❖ Etude de trafic.
- ❖ Etude géométrique.
- ❖ Etude géotechnique.
- ❖ Dimensionnement de corps de chaussée.
- ❖ Etude hydrologique et assainissement.
- ❖ Conception de l'échangeur.
- ❖ Ouvrages d'art.
- ❖ Etude d'impact sur l'environnement.
- ❖ Etude de signalisation.
- ❖ Conclusion.

I.1 Introduction :

Dans le monde d'aujourd'hui où la prise en compte du développement durable est devenue une nécessité à tous les niveaux pour un meilleur avenir des générations futures, la construction et l'entretien des corps de chaussée des infrastructures de transport peut se faire par le choix d'une technique parmi celles très variées qui respectent les engagements vis-à-vis de la notion de développement durable.

Parmi ces techniques, il y en a qui sont anciennes, celles qui ont vu le jour ces dernières années et d'autres qui sont en développement.

Ainsi, ces considérations économiques mêlées à un souci de préservation des ressources naturelles ont conduit à la mise au point des nouvelles techniques pour l'assise des chaussées.

Dans cette recherche on va d'abord parler sur les différentes dégradations des chaussées, technique d'entretiens ;

I.2 DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES

On distingue plusieurs familles de dégradation :

I.2.1 Fissuration :

I.2.1.1 Fissures transversales :

Description :

Rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

Causes probables :

- Retrait thermique.
- Vieillesse et fragilisation du bitume.
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).
- Diminution de la section du revêtement (ex. : vis-à-vis des regards ou des puisards).



FIGURE 1 FISSURE TRANSVERSALE

I.2.1.2 Fissures longitudinales :

Description :

Rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, excluant les fissures de gel, en dehors des pistes de roues.

Causes probables :

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



FIGURE 2 FISSURE LONGITUDINALE

I.2.1.3 Fissures en carrelage (faïençage) :

Description :

Rupture du revêtement sur des surfaces plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites ou à grandes mailles polygonales.

Causes probables :

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



FIGURE 3 FAÏENÇAGE DE LA CHAUSSEE

I.2.2 Déformation de la surface :

I.2.2.1 Orniérage :

Description :

Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

Causes probables :

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex. : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place (post compactage).
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.



FIGURE 4 ORNIERAGE DE LA CHAUSSEE

I.2.3 Affaissement :

Description :

Distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines.

Causes probables :

- Manque de support latéral et instabilité du remblai.
- Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés.
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
- Affouillement ou assèchement du sol support (milieu urbain).
- Mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain).



FIGURE 5 AFFAISSEMENT DE LA CHAUSSEE

I.3 Défauts de l'enrobé et perte du revêtement :

I.3.1 Dés enrobage et arrachement :

Description :

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

Causes probables :

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



FIGURE 6 DES ENROBAGE ET ARRACHEMENT

I.3.2 Ressuage

Description :

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

. Causes probables :

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



FIGURE 7 RESSUAGE DE LA CHAUSSEE

I.3.3 Le nid de poule :

Description :

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

Causes probables :

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



FIGURE 8 NID DE POULE

I.4 Entretien des chaussées :

Du point de vue de l'entretien, on considère habituellement deux types d'interventions liées à l'importance des dégradations et aux moyens à mettre en œuvre :

- L'entretien courant.
- L'entretien périodique ou gros entretien

I.4.1 ENTRETIEN COURANT

Il s'agit d'intervenir souvent en amont pour limiter l'aggravation des désordres. Ce type d'entretien est traité en règle générale par les gestionnaires de la voirie, ou sous-traité à des entreprises privées.

I.4.1.1 Purge :

Elle consiste à substituer tout ou partie de matériaux du corps de chaussée par des matériaux de meilleure qualité. On distingue la purge superficielle qui consiste à remplacer une partie des matériaux, et la purge profonde où tous les matériaux de l'assise sont remplacés. C'est une opération onéreuse qui nécessite une haute qualité de réalisation pour assurer sa durabilité. Elle débute par un repérage, puis par un découpage franc de bords à l'aide de scie ou fraiseuse. Après avoir éliminé les matériaux pollués, viennent les phases de fraisage de la fouille, de compactage, puis le remplissage de fond de fouille. Enfin on procède à un compactage intense et à une imperméabilisation des bords. Cependant les purges présentent plusieurs inconvénients, notamment dans le cas de chaussées faiblement structurées : - La faiblesse de la chaussée est souvent généralisée et non localisée. Alors, limiter les traitements structurels aux zones les plus faibles en apparence ne constitue pas une solution à moyen terme. Bientôt après les premières purges, apparaîtront de nouvelles zones dégradées. - Les purges accentuent l'hétérogénéité longitudinale de la chaussée. Purger de façon conséquente et discontinue des zones de quelques dizaines de m² se traduit par la création de points faibles aux limites entre zones purgées et non purgées, lesquels risquent de s'amplifier sous l'effet des charges dynamiques.

I.4.1.2 Bouchage de nids de poule :

Les nids de poule sont l'état ultime des dégradations d'une chaussée. Ces arrachements plus ou moins profonds peuvent parfois donner l'impression d'apparaître sur la chaussée quasi spontanément, mais l'évolution peut être très rapide par temps de pluie et, ou, par fort trafic, ils ne peuvent apparaître que sur une chaussée présentant un état de surface et structurel quelque peu insuffisant. De par leur conséquence sur la circulation, les nids de poule nécessitent des interventions d'urgence. Celles-ci consistent à rendre la chaussée son état initial en rebouchant les nids de poule dès la constatation de leur apparition. Pour ce faire on procède par découpage (bords verticaux), élimination des parties non liées par décapage et nettoyage puis viennent la phase de d'accrochage (épandage d'émulsion), remplissage, compactage intense, et enfin traitement de surface.

I.4.1.3 Imperméabilisation de surface :

Elle est destinée à éviter que l'eau ne pénètre à l'intérieur du corps de chaussée et à empêcher le départ des matériaux de surfaces. La pénétration d'eau peut être due aux fissures longitudinales de constructions ou transversales de retrait ou encore de faïençage de fatigue, aux arrachements par pelade ou à la porosité de revêtement par usure (vieillesse du liant). Cette opération consiste à réaliser un enduit superficiel d'usure localisé le plus souvent à l'aide de l'émulsion de bitume et du gravillonnage.

I.4.1.4 Scellement des fissures (pontage, colmatage) :

Ce sont des techniques d'obturation des fissures qui visent à les rendre étanches. Il existe trois techniques.

- ❖ La pénétration : elle consiste à introduire par gravité un liant fluide dans le corps de chaussée.
- ❖ Le garnissage : cette technique permet de couler un produit d'étanchéité
- ❖ Le pontage : il consiste à épandre un mastic en faible surépaisseur à cheval sur la fissure

I.4.1.5 Traitement de ressuage :

Cette technique consiste à supprimer les effets néfastes liés à la présence de l'excès de bitume à la surface de la chaussée, en réincorporant des gravillons dans l'excès de liant en utilisant la méthode de brulage qui consiste à réduire le liant en excès par choc thermique à la lance (chalumeau à gaz), puis à épandre des gravillons et les enchâsser par cylindrage.

I.4.2 ENTRETIEN PERIODIQUE :

On regroupe généralement des travaux nécessitant des moyens particuliers et disponibles dans les entreprises routières

I.4.2.1 Reprofilage :

Il s'agit de redonner à la chaussée un profil en travers correct afin d'évacuer l'eau et un profil en long régulier pour sécuriser et améliorer le confort des usagers, généralement par apport des matériaux. Il nécessite tout d'abord un repérage, puis un accrochage. Il est préférable d'utiliser le béton bitumineux chaud. Le choix de matériaux dépend de l'épaisseur à profiler et du trafic. Par la suite viennent les phases d'épandage et compactage. Ces dernières sont suivies par une étape de vérification de la pente (2 à 5% maximum).

I.4.2.2 Fraisage- resurfaçage :

C'est l'enlèvement d'une épaisseur variable du revêtement existant par fraisage à froid et mise en place d'un nouveau revêtement. Cette méthode consiste à enlever en tout ou en partie, selon les types des dégradations présentes, la couche d'enrobé bitumineux existante et à la remplacer par une nouvelle couche d'enrobé bitumineux afin de restaurer ou d'améliorer la surface de

roulement de la chaussée. L'opération permet aussi de corriger le profil transversal et le longitudinal en effectuant des corrections sur la chaussée fraisée avant de poser la nouvelle couche de surface. Les matériaux utilisés sont les bétons bitumineux, neuf ou recyclé, choisi selon les caractéristiques du projet

I.5 CONCLUSION :

Prévenir les dégradations des chaussées nécessitent l'application des techniques pouvant éviter l'infiltration et le séjour de l'eau dans la chaussée, donc assurer un bon drainage et d'assainissement.

Pour éviter les retentions d'eaux, les couches de fondation doivent être toujours réalisées de façon qu'elles soient plus perméables que les couches qu'elles supportent. Les actions d'entretiens préventifs aident à ralentir le rythme de détérioration de la chaussée et conserver une qualité de roulement.

Eviter le sou dimensionnement de la chaussée, et bien exécuter les essais géotechniques pour s'assurer de la nature et de la portance de sols supports, de la qualité et rigidité des matériaux utilisés, afin de préserver la pérennité de la chaussée.

I.6 INTRODUCTION :

Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la wilaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières.

Dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 en passant par le futur barrage d'Azeffoun, la Direction des Travaux Publics « DTP » de la wilaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'une AutoRoute express (FREHA-AGHERIBS-AZEFFOUN). Le point de départ de ce projet est le carrefour de FREHA et le point d'arrivée est le futur barrage d'Azeffoun

Le tronçon étudié commence du PK0+000 jusqu'au PK 8+273

I.7 Description de la zone d'étude :

La wilaya de Tizi Ouzou s'étend sur 2 992,96 km², elle est limitée par :

- La wilaya de Boumerdes à l'Ouest
- La wilaya Bejaia à l'Est
- La wilaya de Brouira au sud



FIGURE 9 WILAYA DE TIZI OUZOU

I.8 Topographie :

Cette zone est caractérisée par un relief accidenté

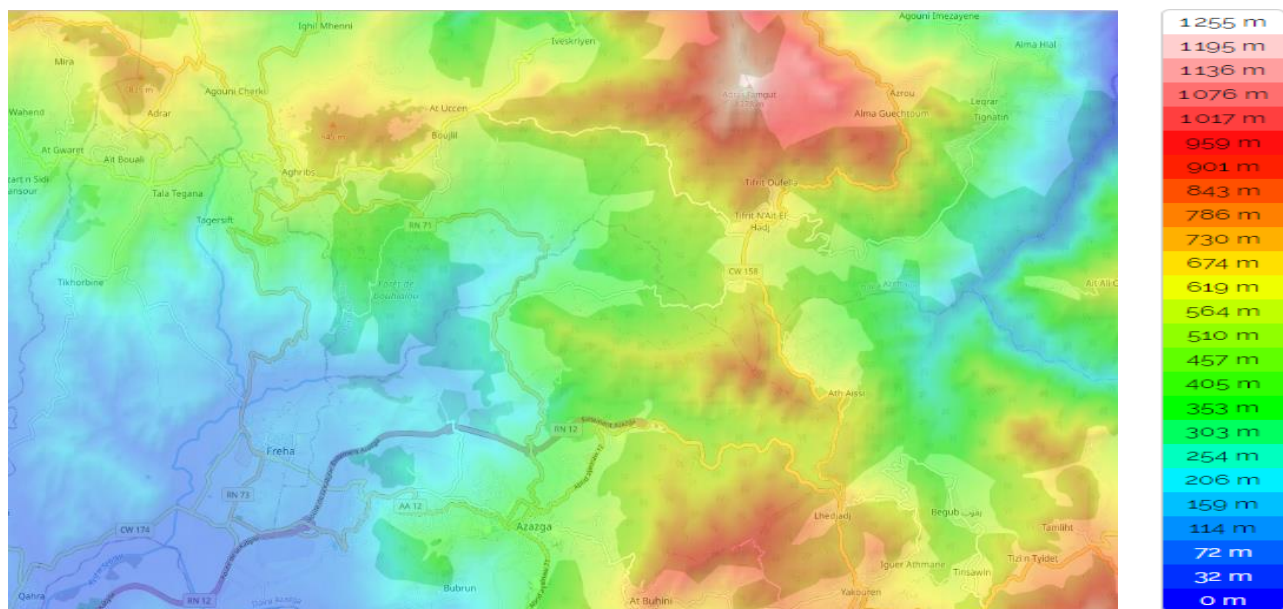


FIGURE 10 CARTE TOPOGRAPHIQUE DE AZZEFOUN

I.9 Géologie :

L'examen de la carte géologique ainsi que les différentes visites de site ont mis en évidence que les trois sections de tracé projeté recoupent souvent de diverses unités du Mio-Pliocène qui comportent des argiles, des marnes, des calcaires lacustres, des conglomérats, des grès et des sables.

I.10 Pluviométrie :

- La pluviométrie est en moyenne comprise entre 800 et 1 400 mm/an. Cette eau est retenue par le sol grâce à la composition en calcaire des massifs.
- Les ressources en eau sous-terraines se concentrent essentiellement dans les nappes alluviales de l'oued Sebou qui sont alimentées par l'infiltration directe des eaux de pluies.
- Comparée à d'autres wilayas, la wilaya de Tizi-Ouzou est classée en première position par rapport aux ressources hydriques superficielles et en cinquième position par rapport aux ressources hydriques sous-terraines.
- C'est durant la période hivernale que les oueds sont en crue, contrairement à la période sèche où les oueds se réduisent à un mince filet d'eau.
- Le Sebou est le principal cours d'eau collecteur des eaux du Djurdjura et de ses affluents. La pente de ces derniers y favorise cette collecte.
- Le réseau hydrographique est composé d'oueds de moindre importance que le Sebou : Assif N Boubhir, Oued Djemaa, Oued Bougdoura, Assif Oussarthoun, Assif El Hammam, Oued Aissi, Oued Ksari, Oued Rabta.

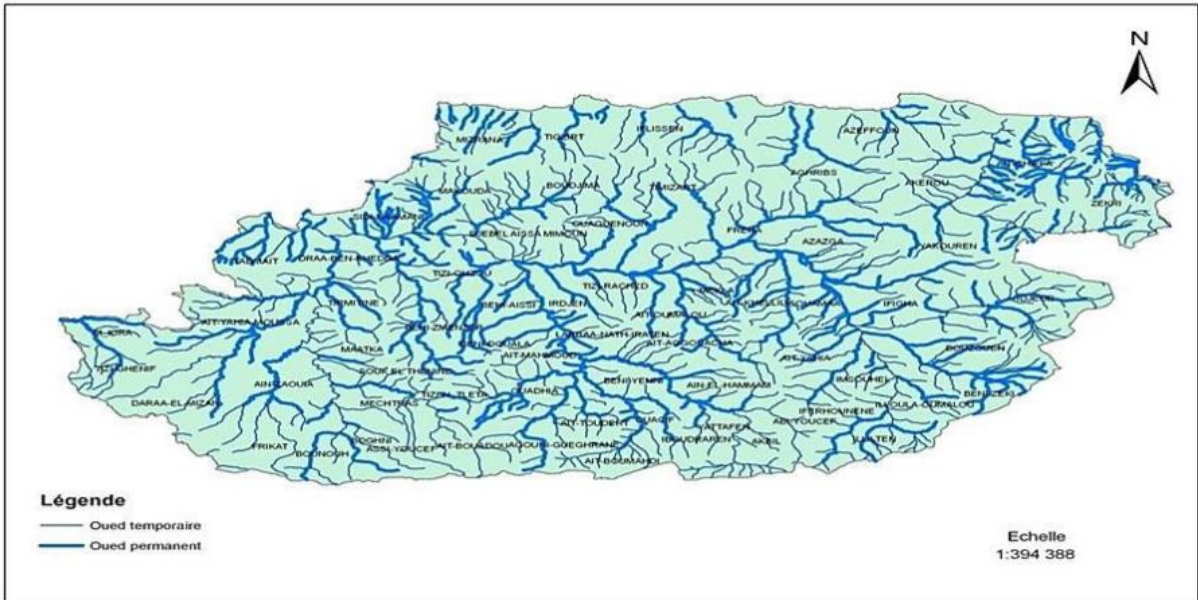


FIGURE 11 RESEAU HYDRAULIQUE DE TIZI OUZOU

I.11 Sismicité :

Compte tenu des critères de classification, la Wilaya d’Tizi Ouzou est classée dans la zone sismique III à forte activité sismique

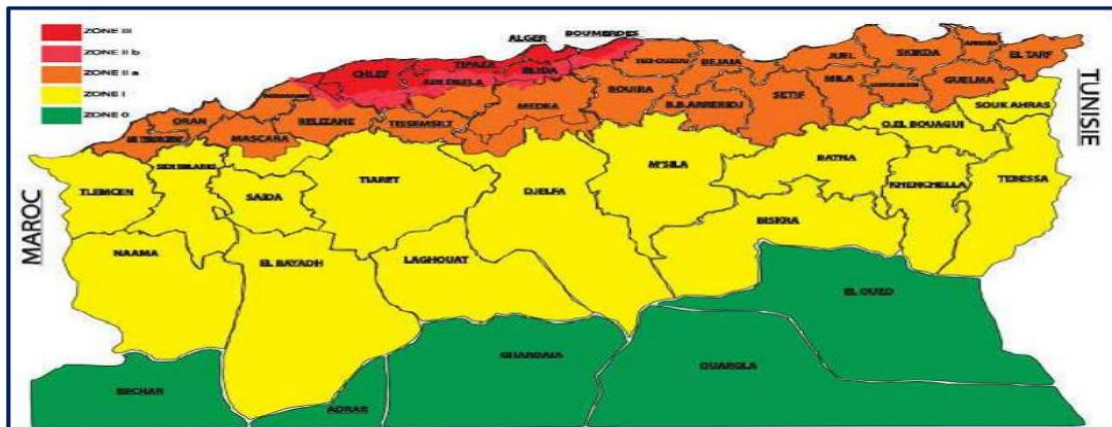


FIGURE 12 ZONES DE SISMICITE EN ALGERIE "NORD ET CENTRE"

I.12 Climat :

La wilaya de Tizi-Ouzou se caractérise par un climat méditerranéen doux du fait de l’affrontement des masses d’airs polaires et tropicales ; La température moyenne annuelle est de 16.6 °C

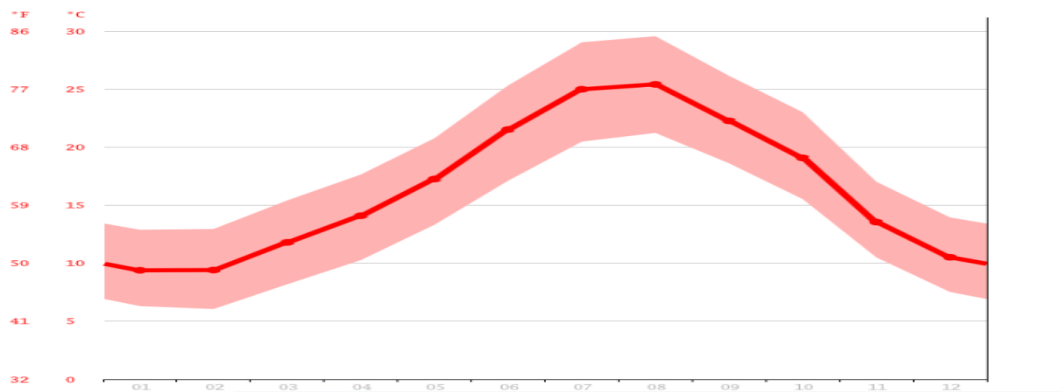


FIGURE 13 COURBE DE TEMPERATURE DE LA REGION

I.13 Patrimoine forestier :

Le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou est doté d'une forêt qui revêt un caractère particulièrement important car il recèle une grande richesse naturelle dont une diversité biologique très importante tant floristique que faunistique.

La forêt constitue une source de richesse économique car elle abrite des ressources à valeur ajoutée comme le bois, les plantes médicinales, le complément alimentaire, etc. C'est un patrimoine naturel à plusieurs dimensions : problématique de la préserver, aujourd'hui donc la protection de l'environnement. La forêt assure une diversité biologique, c'est une réserve de biosphère, comme elle peut être une forêt créative qui impulse l'activité touristique.



FIGURE 14 PHOTO PRISE DANS LA REGION FREHA

I.14 Localisation du projet :

La wilaya de TIZI- OUZOU, à l'instar du reste du pays, a adopté un programme très promoteur se basant principalement sur le réaménagement de son réseau routier existant. Etant donnée la nature et l'importance des échanges commerciaux et les flux du trafic routier de la willaya de Tizi-Ouzou, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures routières. Ainsi et dans l'optique de relier la RN12, à la RN24 en passant par le futur barrage d'Azeffoun, la Direction des Travaux Publics de la willaya de Tizi-Ouzou a prévu la conception d'une autoroute express pour favoriser le développement et les échanges entre ces deux régions. Dans le cadre de cette étude, nous allons nous intéresser à un tronçon de ce projet (qui commence au PK 0+00 jusqu'au PK08+273). Les différentes phases d'étude en avant-projet détaillé de ce projet seront présentées et discutées en détails dans la suite de notre travail

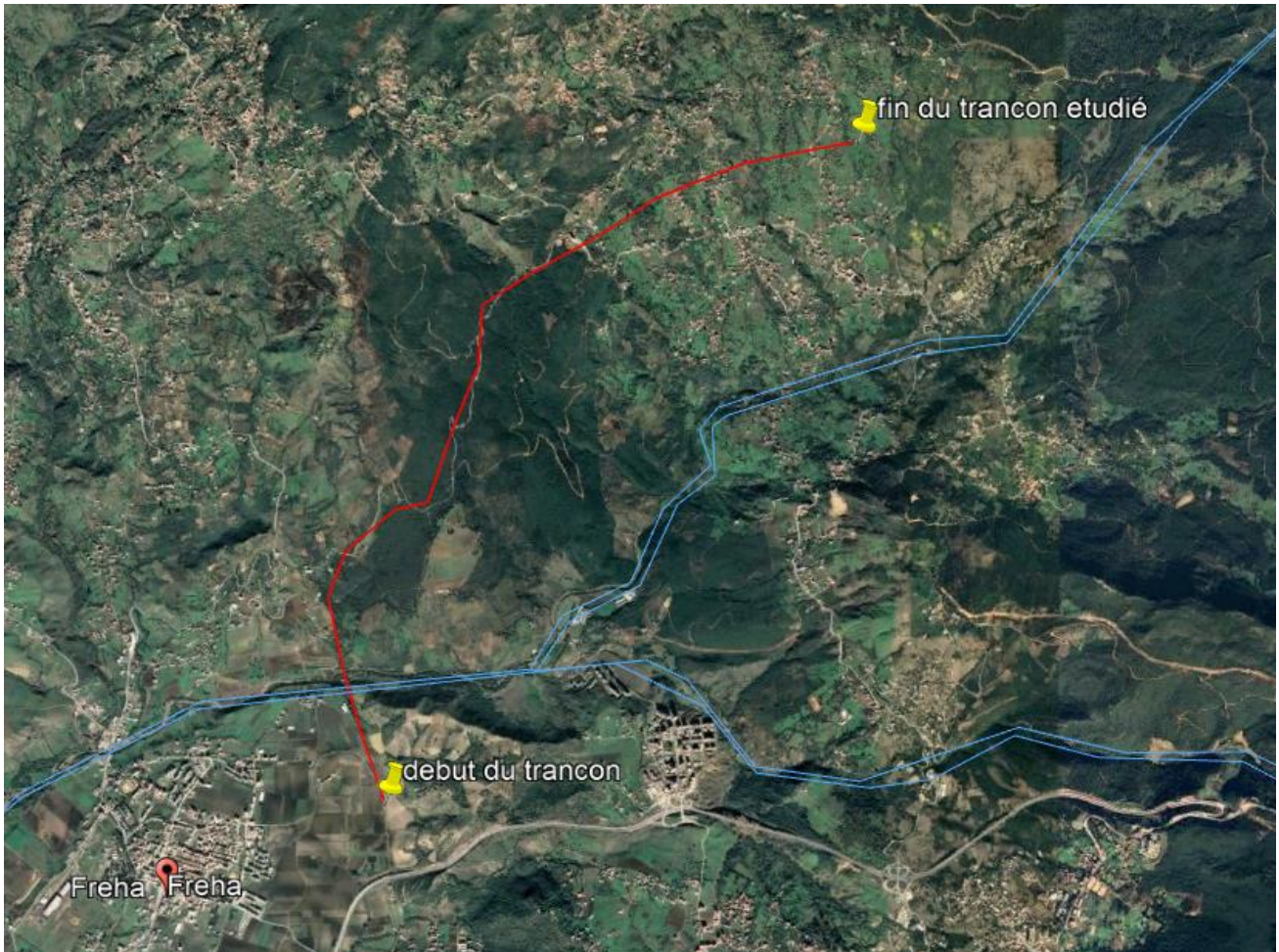


FIGURE 15 TRONÇON ETUDIE

I.15 OBJECTIF DU PROJET :

- Le but essentiel de notre projet est de créer une liaison assurant le transport d'une grande partie du trafic de la RN73 qui relie les deux routes RN12 et RN24 en traversent le CW158 en raison du développement rapide des activités économiques de la région d'Azazga et le potentiel futur du trafic dans la période estivale, et donner une vitalité à la région surtout là où se situe notre tronçon sachant que près de 75% du tracé passe à l'intérieur des forêts de BOUHLALOU, TAMGOUT et BENI GHOBRI
- L'utilité sera le gain de temps pour les usagers de la route par le décongestionnement du trafic des zones urbaines et aussi réduire le nombre d'accidents et améliorer le cadre de vie des citoyennes de la région

I.16 Introduction :

Les études de trafic constituent une approche essentielle pour la conception des réseaux routiers. Pour saisir les grands échanges à travers une région, elles représentent également une partie importante des études pour le dimensionnement de la chaussée.

Les études de trafic peuvent avoir comme objectif l'étude d'un schéma directeur de routes et ou dans le cadre d'une étude économique et financière, d'éclairer des décideurs politiques quant à l'urgence ou la nécessité stratégique (socio-économique) d'un projet routier donné.

Pour notre étude, nous nous intéresserons aux trafics : passé, présent et prévisionnel, ces données nous permettront de définir les caractéristiques techniques de notre chaussée (nombre de voies et dimensionnement du corps de chaussée).

I.17 Analyse du trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Comptages manuels
- Comptages automatiques

Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.

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

I.18 Différents types du trafic :

I.18.1 Trafic normal :

C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement

I.18.2 Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement ; d'autres vers la même destination.

I.18.3 Trafic induit :

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

I.18.4 Trafic total :

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

I.19 Modèles de présentation de trafic :

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

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

I.20 Calcul de la capacité :

I.20.1 La capacité de la route :

La capacité d'une route est le nombre maximal de véhicule qu'on est en droit de s'attendre à voir circuler dans une section donnée, dans une direction et pendant une période de temps définie (en générale ¼ heure).

La capacité dépend :

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

I.20.2 Calcul TJMA horizon :

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

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

Avec :

- $TJMA_h$: Le trafic à l'année horizon en (v/jour).
- $TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence en (v/jour).
- n : nombre d'années.
- τ : taux d'accroissement du trafic en (%).

I.20.3 Calcul du trafic effectif :

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

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

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] TJMA_h$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- Z : pourcentage de poids lourd.
- P : coefficient d'équivalence pour les poids lourds il dépend de la nature de la route (nombre de voies et de l'environnement)

Le tableau suivant nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route :

TABLEAU 1 COEFFICIENT D'EQUIVALENCE (NORME B40)

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

Selon le **B40**, le coefficient d'équivalence « P » pour un terrain accidenté (**E3**) est **P = 8**

I.20.4 Débit de pointe horaire normal :

Est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

Tel que :

$$Q = \frac{1}{n} T_{\text{eff}}$$

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

I.20.5 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$$

- K_1 : coefficient lié à l'environnement.
- K_2 : coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

TABLEAU 2 COEFFICIENT K1

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|---------------|------|------|------------|
| K_1 | 0.75 | 0.85 | 0.9 à 0.95 |

TABLEAU 3 COEFFICIENT K2

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

TABLEAU 4 CAPACITE (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 |

Calcul du nombre de voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q_{adm} \leq Q$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Tel qu

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

I.21 APPLICATION AU PROJET :

I.21.1 Les données du trafic :

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé de l'Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics (CTTP) nous avons :

- Le trafic journalier moyen annuel de l'année 2020 : $TJMA_{2020} = 9680 \text{ v/j}$
- Année de mise en service : 2030.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 10\%$.
- La durée de vie : 20ans.
- Taux accroissement moyenne annuelle : 4%

I.21.2 Calcul TJMA horizon :

On a :

$$TJMA_0 = TJMA_{2020} = 9680 \text{ v/j}$$

$$TJMA_n = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2020}$$

$$TJMA_{2030} = (1 + 0.04)^{10} \times 9680 = 14329 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2050} = TJMA_{2030} (1 + \tau)^{20} = 31397 \text{ v/j}$$

I.21.3 Calcul trafic effectif :

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

Pour notre projet l'environnement est E3 (terrain accidenté), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a $P=8$:

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_{2030} = [(1 - 0.10) + 8 \times 0.10] \times 14329 = 24359 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_{2050} = [(1 - 0.10) + 8 \times 0.10] \times 31397 = 53375 \text{ uvp/j}$$

I.21.4 Calcul de débit de pointe horaire normal :

$$Q = \frac{1}{n} T_{\text{eff}}$$

$$Q_{2030} = 0,12 \times 24359 = 2923 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2050} = 0,12 \times 53375 = 6405 \text{ uvp /h}$$

I.21.5 Calcul de capacité théorique :

$$Q < Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$$

$$C_{th} > Q / K_1 K_2$$

D'après le B40 : $K_1=0.9$ (entre 0.9 à 0.95) et $K_2=0.95$

$$C_{th} > 0.9 \times 0.95$$

$$C_{th} = 7491 \text{ uvp/h}$$

I.21.6 Calcul de débit admissible :

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

A partir du tableau de B40 :

$$C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 0.9 \times 0.95 \times 1800 = 1539 \text{ uvp/h/voie.}$$

I.21.7 Détermination de nombre de voie :

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

Avec $S=2/3$

$$N = (2/3) \times (6405/1539) = 2.78$$

$$N = 3 \text{ voies /sens}$$

I.22 Application sur les bretelles :

On estime le trafic sur les bretelles à (1/3) du TJMA de totale ; donc

$$TJMA_{2020} = \frac{1}{3} (9680) = 3226 \text{ v/j}$$

I.22.1 Calcul TJMA horizon pour la bretelle :

$$TJMA_n = (1 + \tau)^n \times TJMA_{2020}$$

$$TJMA_{2030} = (1 + 0.04)^{10} \times 3226 = 4775 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2050} = TJMA_{2030} (1 + \tau)^{20} = 10462 \text{ v/j}$$

I.22.2 Calcul du trafic équivalent pour la bretelle :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_{2030} = [(1 - 0.10) + 8 \times 0.10] \times 4775 = 8117 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \times Z] TJMA_{2050} = [(1 - 0.10) + 8 \times 0.10] \times 10462 = 17785 \text{ uvp/j}$$

I.22.3 Calcul de débit de pointe horaire normal :

$$Q_{2030} = 0,12 \times 8117 = 975 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{2050} = 0,12 \times 17785 = 2135 \text{ uvp /h}$$

I.22.4 Détermination de nombre de voie dans la bretelle :

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

; Avec $S = 2/3$

$$N = (2/3) \times (2135/1535) = 1,3 \text{ VOIE}$$

N=1voies /sens

Le profil des bretelles est 1 voie

I.23 Introduction :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- ❖ Tracé de son axe en situation ou en plan
- ❖ Tracé de cet axe en élévation ou profil en long
- ❖ Profil en travers.

I.24 Tracé en plan :

Le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace. Ce plan horizontal est en général une carte topographique ou un plan de situation où le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau.

I.24.1 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Normes de conception à appliquer (**B40**)
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé

I.24.2 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

I.24.2.1 Alignement :

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

I.24.2.1.1 La longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation

$$L_{min} = 5V_B/3,6$$

Avec : V_B : vitesse de base

I.24.2.1.2 La longueur maximale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant une minute

$$L_{max} = 60V_B/3,6$$

Pour $V_B = 80$ km/h

$$L_{min} = 111 \text{ m.}$$

$$L_{max} = 1333 \text{ m}$$

I.24.2.2 Arc en cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

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

I.24.3 Le dévers :

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluie.

I.24.3.1 Devers en alignement :

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée, $d_{min} = 2,5\%$.

I.24.3.2 Devers en courbe :

En courbe le dévers permet de :

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

I.24.4 Rayon de courbure :

Pour assurer une bonne stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite dévers, exprimé par sa tangente.

- **Rayon horizontal minimal absolu (RH_m)** : C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de dévers maximal

$$RH_m = \frac{v_r^2}{127(ft + d_{max})}$$

- **Le rayon minimal normal (RHn)** : doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20 (km/h) de rouler en sécurité.

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft + d_{max})}$$

- **Rayon au dévers minimal (RHd)** : C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RH_d = \frac{V_r}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

- **Rayon minimal non déversé (RHnd)** : Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127(ft + d_{min})}$$

Dans notre cas nous avons $V_B = 80 \text{ km/h}$ et pour la catégorie 2 on a :

| Rayon(m) | Devers associés(%) |
|-----------|--------------------|
| RHm=250 | 7 |
| RHn=450 | 5 |
| RHd=1000 | 2,5 |
| RHnd=1400 | -2,5 |

TABLEAU 5 VALEURS DES RAYONS ET LES DEVERS ASSOCIES B40

I.24.5 Visibilité en courbe :

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

I.24.6 Sur largeur :

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

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

- **L** : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10\text{m}$) ;
- **R** : rayon de l'axe de la route.

Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d). Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm.

I.24.7 Courbe de raccordement :

La courbe qui permet d'introduire progressivement l'accélération normale, ainsi que le devers est la clothoïde. Cette courbe permet de passer de l'alignement droit à l'arc de cercle de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort qui limitent par unité de temps la variation de la sollicitation des véhicules. Elle a pour rôle de :

- Assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de devers (condition de gauchissement).
- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Permettre une bonne adaptation à la forme du terrain, ce qui a pour conséquence la diminution des terrassements Elle est donnée par la relation suivante :

$$A^2=L.R.$$

- **A** : paramètre de la clothoïde.
- **L** : longueur de la clothoïde.
- **R** : rayon de courbure.

Expression analytiques des éléments de la clothoïde :

La courbe $1/R$ étant proportionnel à l'abscisse curviligne

$$A=\sqrt{(L.R)} \quad , \quad \Delta R=\frac{1}{24 R} \quad \frac{1}{R}=\frac{L}{A^2}$$

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

- La condition de gauchissement.
- La condition de confort optique.
- La condition de confort dynamique.

I.24.7.1 La condition de gauchissement

Elle sépare la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée, par rapport à son axe, elle est limitée :

$$P=0,5/V_r \text{ (en km/h)}$$

Avec ce pendant $P \leq 0,5\%$ afin d'assurer l'écoulement des eaux de précipitation superficielle On a :

$$\Delta h/L = \Delta p = 0,5/V_r$$

$$\Delta h/L = (1/2 - \Delta d)/L$$

l : largeur de la chaussée.

L : longueur de raccordement.

Δd : variation de devers ($d_2 - d_1$).

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_r$$

I.24.7.2 Condition de confort dynamique :

Elle consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale, cette variation est limitée à une fraction de l'accélération de pesanteur $kg = g / (0,2V_B)$.

Avec : vitesse de base en Km/h.

Cette condition est exprimée par :

$$L(m) \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

Avec :

- Δd : variation de devers.
- R : rayon de courbure.
- V_r : vitesse de référence.
- L : longueur de raccordement.

I.24.7.3 Condition du confort optique :

Cette condition permet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et en particulier de les informer suffisamment à l'avancée du tracé de façon à obtenir la sécurité de conduite ;

On admet qu'un raccordement progressif perceptible, doit correspondre à un changement de direction supérieure ou égale à 3°

$$\tau \geq 3^\circ$$

$$A = \sqrt{L \cdot R} \quad \Delta R = \frac{1}{24R}$$

$$\tau = L/2R \quad L/2R \geq 1/18$$

$$L \geq R/9 \quad R \geq A \geq R/3.$$

I.24.8 Types de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a retenu les trois types courbes suivantes :

- Parabole cubique.
- Lemniscate.
- Clothoïde.

Le type retenu étant la Clothoïde.

I.24.8.1 Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbe décroît d'une façon continue de l'origine ou il est infini jusqu' au point asymptotique ou il est nul.

I.24.9 APPLICATION AU PROJET :

Pour notre projet la vitesse de référence est comme suit

$$V_b = 80 \text{ km/h}$$

I.24.10 Description de l'axe en plan :

Le tracé en plan est constitué de 38 éléments dont 6 sont des alignements droits et 12 courbes, le reste sont des Clothoïdes.

I.24.11 Contraintes :

- Habitations.
- Oued DIS.
- La conduite de Gaz
- Une forêt

I.24.12 Exemple de calcul sur axe en plan :

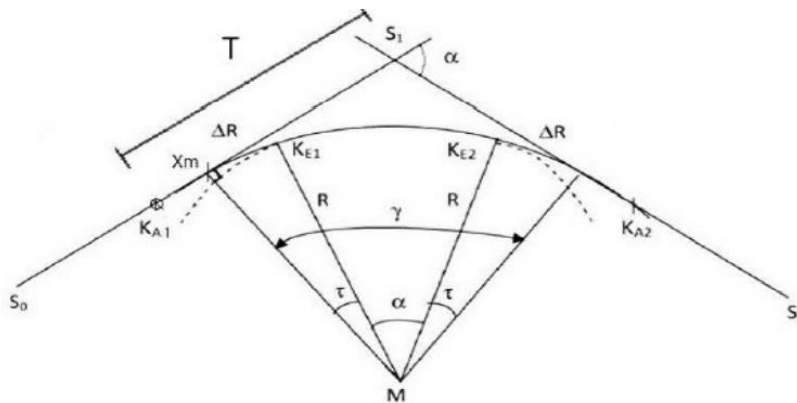


FIGURE 16 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE L'ELEMENT A CALCULER

TABLEAU 6 COORDONNEES DES SOMMETS A CALCULER

| $V_B=80 \text{ km/h}$ | X(m) | Y(m) | R(m) |
|-----------------------|------------|-------------|---------|
| P ₁ | 619007,445 | 4069029,833 | R= 500m |
| P ₂ | 618451,955 | 4070566,597 | |
| P ₃ | 618767,449 | 4071282,642 | |
| P ₄ | 619118,749 | 4071428,654 | |

Calcul du gisement :

$$G1_2 = \arctg \frac{x2-x1}{y2-y1} = 377,92 \text{gr}$$

$$G1_4 = 200 + \arctg \frac{x4-x1}{y4-y1} = 202,95 \text{gr.}$$

$$G3_4 = 200 + \arctg \frac{x4-x3}{y4-y3} = 74,92 \text{ gr}$$

$$\alpha1 = |G1_2 - G1_4| = 174,96 \text{gr.}$$

$$\alpha2 = |G3_4 - G1_4| = 128,03.$$

$$\alpha3 = 200 - (\alpha1 + \alpha2) = -103 \text{ gr}$$

$$\gamma = 200 - \alpha3 = 303 \text{gr.}$$

Calcul de distance :

$$D1_4 = \sqrt{(x4 - x1)^2 + (y4 - y1)^2} = 2401 \text{m.}$$

$$D1_S = [\sin(\alpha2) / \sin(\alpha3)] \times (D1_4) = 1848,39 \text{m.}$$

Calcul du sommet du point :

$$\beta = \text{Arctg} (|x2-x1|/|y2-y1|) = 377,92 \text{gr.}$$

$$Xs = X1 + D1_S (\sin(\beta)) = 618379,1403 \text{ m}$$

$$Ys = Y1 + D1_S (\cos(\beta)) = 4070768,159 \text{m}$$

Calcul des points Tangents

$$l = 125 \text{m}$$

$$Xm = 47.997 \text{m.}$$

$$\Delta R = 0.960.$$

$$T = Xm + (R + \Delta R) \cdot \text{tg}(\gamma/2) = 175.480 \text{m}$$

$$Xka1 = Xs - T(\sin(\beta)) = 618400,322$$

$$Yka1 = Ys - T(\cos(\beta)) = 407003,543$$

$$\theta = \text{Arctg} (|x4-x3|/|y4-y3|) = 73.015 \text{gr.}$$

$$Xka2 = Xs + T(\sin(\theta)) = 618569,869$$

$$Yka2 = Ys - T(\cos(\theta)) = 407089,679$$

$$k = \text{Arctg} (|y2-y1|/|x2-x1|) = 12.210 \text{gr}$$

Calcul de la corde Sl :

$$SL = \sqrt{XKE^2 + YKE^2}$$

Avec :

$$XKE = L = 95.902 \text{ m.}$$

La longueur de clothoïde.

$$YKE = L^2/6R = 95.902^2/6 \cdot 400 = 3.839 \text{ m.}$$

La hauteur par rapport à l'axe.

$$Sl = 95.978 \text{m.}$$

Calcul de l'angle polaire σ

$$\sigma = \text{Arctg}(Y_{KE} / X_{KE}) = 2.547 \text{ gr.}$$

$$G1 = k - \sigma = 9.662 \text{ gr.}$$

$$a1 = Sl \cdot \cos(G1) = 94.875 \text{ m.}$$

$$b1 = Sl \cdot \sin(G1) = 14.511 \text{ m.}$$

$$X_{ke1} = X_{ka1} + a1 = 618388,532. \quad Y_{ke1} = Y_{ka1} + b1 = 407143,.$$

$$\rho = \text{Arctg}(|y4 - y3| / |x4 - x3|) = 26.985 \text{ gr.}$$

$$G2 = \rho - \sigma = 24.438 \text{ gr.}$$

$$a2 = Sl \cdot \cos(G2) = 88.993 \text{ m.}$$

$$b2 = Sl \cdot \sin(G2) = 35.945 \text{ m.}$$

$$X_{ke2} = X_{ka2} - a2 = 618476,694 \text{ m.}$$

$$Y_{ke2} = Y_{ka2} + b2 = 407122,65.$$

Les longueurs :

$$\tau = l/2R = 7.643 \text{ gr.} \quad \alpha = \gamma - 2\tau = 23.91 \text{ gr.}$$

La longueur de la Clothoïde est :

$$Lc = A^2/R = 96.040 \text{ m.}$$

La longueur de la courbe

en Rayon est : $b = \pi \times R \times$

$$\alpha/200 = 150.22$$

La longueur de la courbe 2Clothoïde+Rayon :

$$\text{La courbure} = 2 \times L + b = 342.305.$$

I.25 Conclusion :

Comme on peut voir sur les tableaux,

Axe En Plan

Axe : PFE 22

Table courante : Aucune...



| Nom | Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|-------------|-----------------------|---------------|----------|--------------------|------------|-------------|
| | Paramètres | | Longueur | Abscisse | X | Y |
| Droite 1 | Gisement | 377.92gr | 1634.079 | 0.000 | 619007.445 | 4069029.833 |
| Clothoïde 1 | Paramètre | -250.000 | 125.000 | 1634.079 | 618451.955 | 4070566.597 |
| Arc 1 | Rayon | -500.000 m | 636.869 | 1759.079 | 618414.422 | 4070685.738 |
| | Centre X | 618902.167 m | | | | |
| | Centre Y | 4070795.757 m | | | | |
| Clothoïde 2 | Paramètre | 250.000 | 125.000 | 2395.948 | 618654.199 | 4071229.937 |
| Droite 2 | Gisement | 74.92gr | 380.436 | 2520.948 | 618767.449 | 4071282.642 |
| Clothoïde 3 | Paramètre | 250.000 | 125.000 | 2901.383 | 619118.749 | 4071428.654 |
| Arc 2 | Rayon | 500.000 m | 229.917 | 3026.383 | 619231.999 | 4071481.359 |
| | Centre X | 618984.031 m | | | | |
| | Centre Y | 4071915.539 m | | | | |
| Clothoïde 4 | Paramètre | -250.000 | 125.000 | 3256.300 | 619398.930 | 4071636.506 |
| Droite 3 | Gisement | 29.73gr | 384.505 | 3381.300 | 619459.769 | 4071745.602 |
| Clothoïde 5 | Paramètre | 157.086 | 102.817 | 3765.805 | 619632.895 | 4072088.927 |
| Arc 3 | Rayon | 240.000 m | 107.838 | 3868.622 | 619672.443 | 4072183.606 |
| | Centre X | 619440.074 m | | | | |
| | Centre Y | 4072243.645 m | | | | |
| Clothoïde 6 | Paramètre | -116.989 | 57.027 | 3976.459 | 619675.457 | 4072290.496 |
| Clothoïde 7 | Paramètre | -116.989 | 57.027 | 4033.487 | 619659.944 | 4072345.336 |
| Arc 4 | Rayon | -240.000 m | 4.362 | 4090.514 | 619644.430 | 4072400.175 |
| | Centre X | 619879.813 m | | | | |
| | Centre Y | 4072447.026 m | | | | |

I.26 Profil en long :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle (n'est pas une projection horizontale).

Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (axe de référence). Le niveau de l'autoroute en cet endroit est la moyenne entre les niveaux des bords intérieurs des chaussées. Si les deux chaussées ne sont pas symétriques, on considérera chacune d'elles indépendamment avec son propre profil en long, placé au milieu de chaque chaussée.

I.26.1 Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :

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

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long

I.26.2 Eléments géométrique 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

I.26.3 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

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

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $R \text{ vertical} > 6 \times R \text{ horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion.

- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible

I.26.4 Déclivité :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

I.26.4.1 Déclivité minimum

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

I.26.4.2 Déclivité maximum

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%

I.26.5 Les raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements :

I.26.5.1 Raccordement convexe : (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

I.26.5.1.1 Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2),

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$V^2 / R_v < g / 40 \text{ avec } g = 10 \text{ (m /s}^2 \text{) et } v = V/3.6$$

$$\text{D'où : } R_{v \text{ min}} \geq 0,30 V^2 \text{ (cat 1-2)}$$

R_v : c'est le rayon vertical (m)

V : vitesse de référence (km /h).

Pour notre projet : $V = 80 \text{ km/h. et } R_{\text{min}} = 5010 \text{ m}$

$$0,30 * 80^2 = 1920 \text{ m.}$$

5010 > 1472 vérifie.

I.26.5.1.2 Condition de visibilité :

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

I.26.5.2 Raccordement concave : (angle rentrant)

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

2 - Profil en long : Raccordements paraboliques

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Angle saillant - unidirectionnel | | | | | | | | | | |
| . min. absolu | RVm1 | 12.000 | 6.000 | 2.500 | 6.000 | 2.500 | 1.000 | 2.500 | 1.000 | 300 |
| . min. normal | RVN1 | 18.000 | 12.000 | 6.000 | 12.000 | 6.000 | 2.500 | 6.000 | 2.500 | 1.000 |
| - bidirectionnel | | | | | | | | | | |
| . min. absolu | RVm2 | 20.000 | 10.000 | 4.500 | 10.000 | 4.500 | 1.500 | 4.500 | 1.500 | 500 |
| . min. normal | RVN2 | 20.000 | 20.000 | 10.000 | 20.000 | 10.000 | 4.500 | 10.000 | 4.500 | 1.500 |
| Angle rentrant | | | | | | | | | | |
| . min. absolu | R'Vm | 4.200 | 3.000 | 2.400 | 3.000 | 2.400 | 1.200 | 2.400 | 1.200 | 500 |
| . min. normal | R'VN | 6.000 | 4.200 | 3.000 | 4.200 | 3.000 | 2.400 | 3.000 | 2.400 | 1.200 |
| R assurant d _m | RVD | 30.000 | 20.000 | 11.000 | 20.000 | 11.000 | 6.000 | 11.000 | 6.000 | 2.500 |

TABLEAU 8 RAYON ROFIL EN LONG

I.26.6 Exemple de calcul :

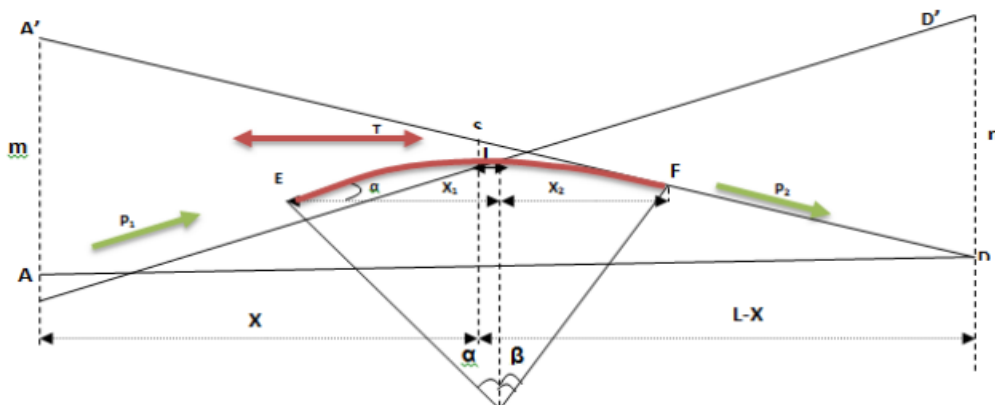


FIGURE 17 SCHEMA DE ELEMENT A CALCULER

| Sommets | Abscisses | altitudes | Rayon |
|---------|-----------|-----------|-------|
| A | 0 | 194.682 | 5010 |
| S | 1164.510 | 175.609 | |
| C | 4438.453 | 392.537 | |

TABLEAU 9 LES DONNEES DE L'AXE A CALCULER

I.26.7 Calcul des pentes :

$$P1 = \frac{(ZS - ZA)}{XS - XA} = -1,63\%$$

$$P2 = \frac{ZC - ZS}{XC - XS} = 7 \%$$

Calcul de sommet :

$$Xs = 1164.510 \text{ m.} \quad Zs = 175.609 \text{ m}$$

I.26.8 Calcul de T :

$$T = R * \frac{|P1| - |P2|}{2} = 134,51 \text{ m}$$

Calcul de la flèche : $\beta_x B_x = T^2 / 2R = 1,805 \text{ m}$.

Calcul des points Tangents :

▪ **Calcul des coordonnées du point B :**

$$XB = Xs - T = 1030 \text{ m.} \quad ZB = Zs - (T * |P1|) = 173,416 \text{ m.}$$

✚ **Calcul des coordonnées du point C :**

$$Xc = Xs + T = 1299,02 \text{ m.} \quad Zc = Zs + (T * |P2|) = 185,0247 \text{ m.}$$

Calcul des Longueurs :

✚ **Longueur d'alignement**

Coordonnées du début d'alignement est :

$$XA = 0 \text{ m et } ZA = 194.682$$

$$La = \sqrt{(XA - XB)^2 + (ZA - ZB)^2} = 1030 \text{ m}$$

✚ Longueur de la courbe

La longueur de la courbe est :

$$L=2*T= 269,02m$$

I.26.9 Vérification du calcul manuel :

Le calcul précédent est vérifié en utilisant le logiciel COVADIS. Le résultat est montré dans la figure

| Elts Caractéristiques | | | Points de Contacts | | |
|---|---------------|--------------|--------------------|----------|----------|
| Nom | Pente / Rayon | | Longueur | Abscisse | Altitude |
| Pente 1 | Pente -1.70 % | | 1079.340 | 0.000 | 194.682 |
| Parabole 1 | Rayon | 5010.000 m | 435.916 | 1079.340 | 176.333 |
| | Sommet Absc. | 1164.510 m | | | |
| | Sommet Alt. | 175.609 m | | | |
| Pente 2 | Pente 7.00 % | | 2923.197 | 1515.256 | 187.887 |
| Parabole 2 | Rayon | -10000.000 m | 286.781 | 4438.453 | 392.537 |
| | Sommet Absc. | 5138.545 m | | | |
| | Sommet Alt. | 417.044 m | | | |
| Pente 3 | Pente 4.13 % | | 694.533 | 4725.234 | 408.503 |
| Parabole 3 | Rayon | -12000.000 m | 555.992 | 5419.767 | 437.208 |
| | Sommet Absc. | 5915.740 m | | | |
| | Sommet Alt. | 447.458 m | | | |
| Pente 4 | Pente -0.50 % | | 711.076 | 5975.759 | 447.308 |
| Parabole 4 | Rayon | 12000.000 m | 472.204 | 6686.834 | 443.751 |
| | Sommet Absc. | 6746.854 m | | | |
| | Sommet Alt. | 443.601 m | | | |
| Pente 5 | Pente 3.43 % | | 1114.474 | 7159.038 | 450.680 |
| | | | | 8273.512 | 488.961 |
| Longueur totale de l'axe 8273.512 mètre(s) | | | | | |
| Longueur développée totale de l'axe 8283.049 mètre(s) | | | | | |

TABLEAU 10 LISTING PROFIL EN LONG

I.27 Profil en travers :

I.27.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux, etc.).

I.27.2 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

Le profil en travers type : le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existante

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

Le profil en travers courant : le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 m.

I.27.3 Eléments constitutifs du profil en travers :

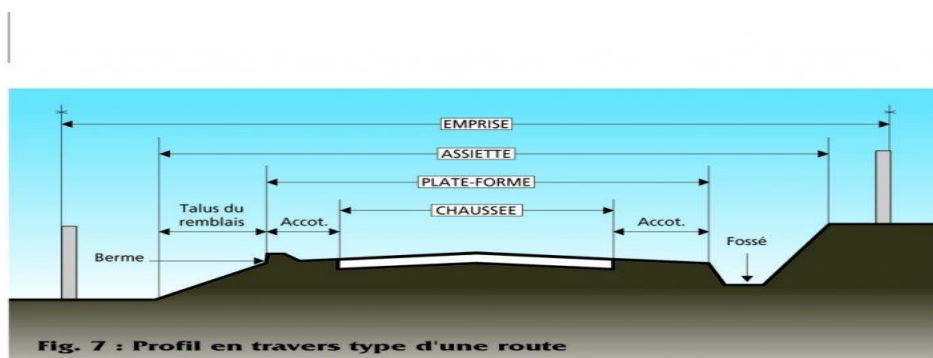


FIGURE 18 ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFILS EN TRAVERS

I.27.4 Quelques définitions :

- ✚ **Emprise** : C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.
- ✚ **Assiette** : Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.
- ✚ **Plateforme** : C'est la chaussée, elle comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement le terre-plein central.
- ✚ **Chaussée** : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.
- ✚ **Accotement** : Ce sont les zones latérales de la plateforme que borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasé ou sur élevés.
- ✚ **Fossé** : Ouvrage hydraulique destinés à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)
- ✚ **B.D.G** : Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- ✚ **Berme** : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.
- ✚ **B.A.U** : Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.
- ✚ **Terre-plein central** : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. il comprend (Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage), Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue).
- ✚ **La bande médiane BM** : 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.

I.27.5 Application au projet :

La section courante de notre projet est caractérisée par un profil en travers à 3x2 voies. D'après les normes de l'ICTAAL2000, Les dimensions des éléments constituant le profil en travers proposé pour le projet, et leurs pentes transversales sont résumées dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 11 PROFIL EN TRAVERS TYPE PROPOSE

| Description | Largeur (m) | nombre | Largeur totale(m) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|-------------------|
| Voie de circulation 3x2 | 3,5 | 6 | 21 |
| Terre-plein central (T.P.C) | 3 | 1 | 3 |
| • Bande dérasée de gauche (B.D.G) | 1 | 2 | 2 |
| • Bande médiane (B.M) | 1 | 1 | 1 |
| Accotement | 3.5 | 2 | 7 |
| • Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) | 2.5 | 2 | 5 |
| • La berme | 1 | 2 | 2 |
| totale | 31 m | | |
| dévers en section droite | | | |
| - Chaussée | 2,5 % vers l'extérieur. | | |
| - Bande dérasée de gauche (B.D.G) | identique à celle de la chaussée. | | |
| - Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) | 2.5 % vers l'extérieur. | | |
| - Berme extérieure | 8% vers l'extérieur. | | |
| dévers en courbe | | | |
| Chaussée | 8% (maximum). | | |
| Bande dérasée de gauche (B.D.G) | Identique à celle de la chaussée. | | |
| Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) | identique à celle de la chaussée | | |

I.28 Introduction :

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes de terre à enlever (déblais) et les volumes à apporter (Remblai), pour donner à la route une allure uniforme et homogène pour recevoir un corps de chaussée qui permette aux véhicules de circuler en toute sécurité et sérénité à partir de

- Les Surfaces de remblai ou de déblais obtenus par le profil en travers ;
- Les Distances entre profils en travers, indiquées sur le profil en long

I.29 Méthode de calcul utilisée :

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

I.29.1 Description de la méthode :

En utilisant la formule qui calcule le volume compris entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} \times (S1 + S2 + 4S_{moy})$$

Tel que :

h : Hauteur entre deux profils.

S_{moy} : Surface limitée à mi-distances des profils.

$S1$: Surface de profil en travers P1.

$S2$: Surface de profil en travers P2.

on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions : $\frac{S1+S2}{2}$ et S_{moy} .

$$\text{Ceci donne : } V_i = \frac{L_i}{2} (S_i + S_{i+1})$$

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

I.29.2 Exemple :

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

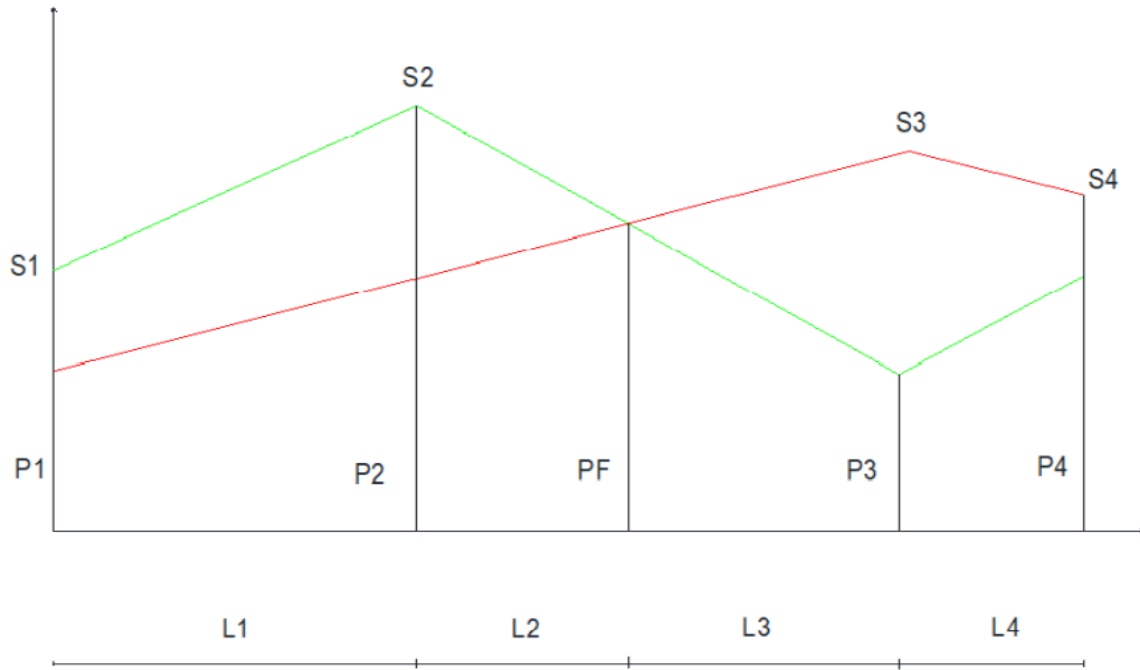


FIGURE 19 DEBLAI ET REMBLAI SUR PROFIL EN LONG

- Entre $P1$ et $P2$: $V_1 = \frac{L1 \times (S1+S2)}{2}$
- Entre $P2$ et PF : $V_2 = \frac{L2 \times (S2+0)}{2}$
- Entre PF et $P3$: $V_3 = \frac{L3 \times (0+S3)}{2}$
- Entre $P3$ et $P4$: $V_4 = \frac{L4 \times (S3+S4)}{2}$

Donc : $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

Dans le présent projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel Covadis « Autopiste »

- ❖ Volume total de déblai : $4287623.8m^3$.
- ❖ Volume total de remblai : $507924.3m^3$.

I.30 introduction :

L'élaboration et l'exécution de projet routier en site neuf nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensable à chacune des étapes de la naissance d'une section de route. L'investigation géotechnique a été réalisée pour déterminer les caractéristiques des différentes couches de sol dans les buts suivants :

- Caractéristiques physiques et mécaniques des sols : analyse des caractéristiques physiques et mécaniques des sols de la section à étudier au moyen des essais in situ et au laboratoire ;
- Concevoir le corps de chaussée : Fourniture des données pour le calcul de l'épaisseur de la couche de forme et de la coupe transversale du corps de chaussée en tenant compte des caractéristiques des couches de sol ;
- Examiner la possibilité de réutiliser les déblais en remblai : l'estimation se fait après la détermination des caractéristiques des matériaux du déblai.

I.31 Objectifs de la géotechnique :

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

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

I.32 Les moyens de reconnaissances :

Les moyens d'une reconnaissance géotechnique sont :

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

I.32.1 Les différents essais réalisés au laboratoire :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

I.32.1.1 Essais physico-chimique :

- Analyse granulométrique du sol par tamisage.
- Détermination de la limite de liquidité(WL), et la limite de plasticité(WP)d'un sol et l'indice de plasticité(IP)
- Détermination de l'humidité des sols par séchage en étuve
- Mesure des densités sèches et humide
- Teneur en sulfates solubles d'un sol
- Teneur en gypses et sels solubles
- Teneur en carbonates
- Essais VBS (bleu de méthylène) pour connaître l'argilosité de la formation en question

I.32.1.2 Essais mécanique :

- Essais de pression de gonflement libre
- Essais de cisaillement rectiligne
- Essais triaxial(CU)
- Essais Proctor et CBR

I.32.1.3 Les essais in situ :

- Sondage carottés
- Puits de reconnaissances
- Pénétromètres dynamiques
- Sondages pressiométriques

I.32.2 Classification des matériaux :

Après la réalisation de tous les essais nécessaires nous passons à la classification des matériaux qui est un facteur important dans notre étude car elle influe par la suite sur le dimensionnement du corps de chaussées, la stabilité des pentes, les ouvrages en terre...

Les paramètres pour la classification des sols sont divisés en 3 catégories selon les recommandations de Réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule I et II. Principes généraux (SETRA et LCPC) : [6, 7]

Paramètres de nature.

Paramètres d'état.

Paramètres de comportement mécanique.

Tous ces paramètres sont toujours déterminés sur la fraction 0/50 mm qui est la fraction susceptible d'être identifiée par les essais de laboratoire usuel

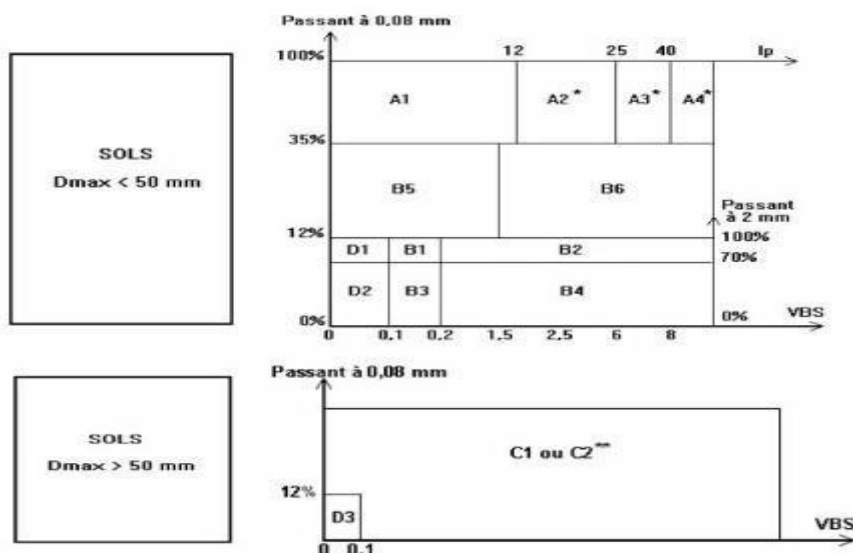


FIGURE 20 ABAQUE DE GTR

I.33 Application au projet :

I.33.1 Les moyens de reconnaissance :

I.33.1.1 L'étude des archives et documents existants :

Structures géologiques :

L'examen de la carte géologique ainsi que les différentes visites de site a mis en évidence que les trois sections de tracés projetés recoupent souvent de diverses unités du Mi Pliocène qui comportent des argiles, des marnes, des calcaires lacustres, des conglomérats, des grès et des sables. Sur site, les formations montrent un relief accidenté et apparaissent généralement couvertes par des dépôts quaternaires.

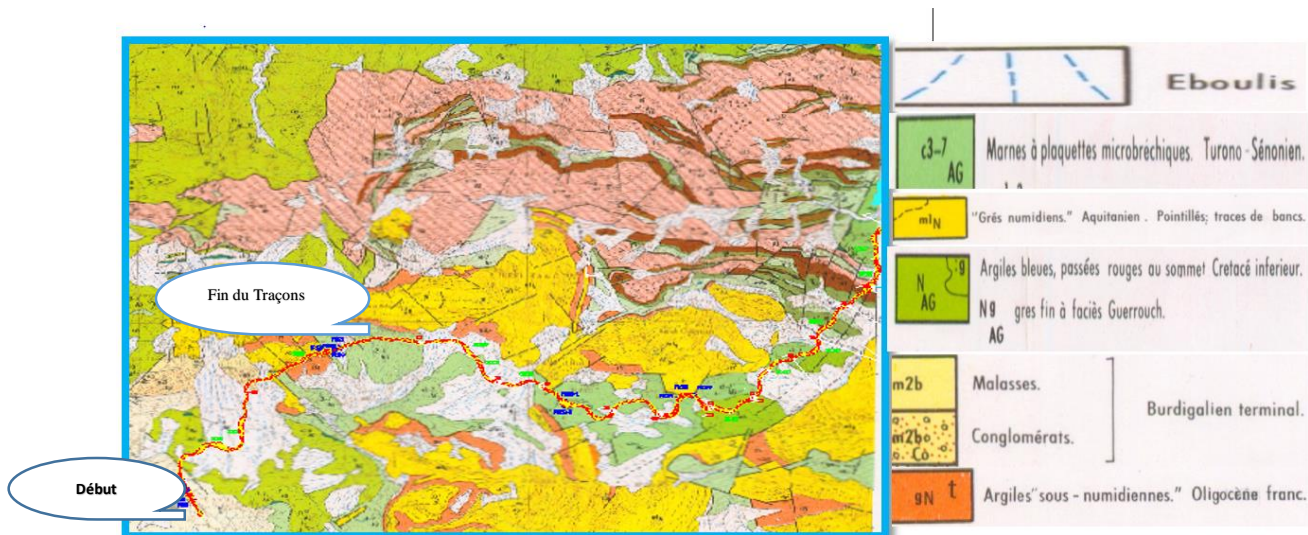


FIGURE 21 CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE ETUDIE

Les éboulis : Il s'agit d'un complexe d'argile de différentes couleurs et des blocs et pierres de grès centimétriques à décimétriques (voire métriques), d'âge quaternaire ancien. Ils proviennent de la fracturation des montagnes gréseuses avoisinantes, tapissant ainsi le pied des escarpements et des versants, les collines ainsi que les vallées.

La matrice de ce faciès est plastique à très plastique et très sensible à l'eau. Ce dernier est l'origine des glissements.

Les argiles sous numidiennes : Il s'agit d'argile sous numidiennes « oligocène franc » de couleur marron à brunâtre.

Les grès numidiens aquitaniens : Il s'agit de roches détritiques cohérentes d'âge numidien, se dit des sédiments d'origine secondaire provenant de désagrégation mécanique de roches primaires. La dureté de cette roche dépend de sa texture et du délai d'exposition aux différents facteurs d'altération. Au niveau de ce projet, on trouve la carapace de ce faciès peu dure « siliceuse » et brunâtre sur au moins une face (au niveau des traces de bancs). Par contre à l'intérieur c'est friable. En quelques endroits. Elle a l'aspect d'un tuf calcaire

Des flysch à micro brèches : Il s'agit de débris de roche, entraînés par la glace mouvement (Glacier) plaquettes microbréchiques appartenant à l'étage turono sénonien. Ils sont formés de terres sédimentaires que les avalanches ont abandonnées

I.33.1.2 Géologie du sol support du tracé :

La géologie du tracé a été mise en exergue par la réalisation de 14 sondages carottés. Les coupes lithologiques obtenues sont annexées à ce présent rapport.

L'implantation de ces derniers est comme suit

TABEAU 12 RESULTATS DES SONDAGES CAROTTES

| N° | Sondages Carottés | PK | Coordonnées Théoriques | | Coordonnées réelles | |
|----|-------------------|--------|------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | | | X | Y | X | Y |
| 1 | PR 1 | 0+440 | 618 581 | 4 069 961 | 618 581 | 4 069 960 |
| 2 | PR 2 | 0+600 | 618 514 | 4 070 106 | 618 514 | 4 070 106 |
| 3 | PR 3 | 0+760 | - | - | 418 450 | 4 070 245 |
| 4 | PR4 | 0+880 | - | - | 618 402 | 4 070 353 |
| 5 | PR 5 | 1 +040 | 618 352 | 4 070 514 | 618 351 | 4 070 514 |
| 6 | SC 1 | 2+440 | 619 084 | 4 071 402 | 619 084 | 4 071 402 |
| 7 | SC 2 | 3+360 | 619 589 | 4 071 766 | 619 589 | 4 071 765 |
| 8 | SC 3 | 5+960 | 620 856 | 4 073 619 | 620 855 | 4 073 619 |
| 9 | PR 6 | 6+360 | 621 193 | 4 073 817 | 621 192 | 4 073 797 |
| 10 | PR 6 | 6 560 | 621 387 | 4 073 864 | 621 387 | 4 073 863 |
| 11 | PR 8 | 6+680 | - | - | 621 502 | 4 073 900 |
| 12 | PR 9 | 6+800 | 621 612 | 4 073 946 | 621 612 | 4 073 946 |
| 13 | SC 4 | 9+520 | 624 186 | 4 073 944 | 624 200 | 4 073 635 |
| 14 | SC 5 | 10+080 | 624 493 | 4 073 485 | 624 492 | 4 073 484 |

PR : puits de reconnaissance

SC : sondage carottées

I.33.2 L'essai in situ

La reconnaissance in situ intervient comme un moyen indispensable permettant de fournir les renseignements sur la nature des différentes couches et d'estimer leurs caractéristiques mécaniques. Il existe plusieurs essais de reconnaissance in situ :

- Les puits de reconnaissance ;
- Les sondages carottés ;
- Les essais préssiométrique.

I.33.2.1 Sondage carottées

Les sondages ont pour but de :

- Compléter la connaissance géotechnique du sous-sol ;
- Visualiser l'homogénéité et le pendage des couches ;
- Déterminer la nature du sous- sol ;
- Prélever des échantillons pour réaliser des essais au laboratoire



FIGURE 22 EXECUTION DU SONDAGE

TABEAU 13 RESULTATS DES SONDAGES CAROTTEES

| sondage | PK | Profondeur (m) | Description des terrains |
|----------------|-----------|--|---|
| Sc1 | 2+440 | 0,00 à 9,00 9,00 à 10,50 10,50 à 12,70 12,70 à 13,00 13,00 à 14,00 14,00 à 15,50 15,50 à 20,00 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Marne indurée grisâtre ; • Argile bleuâtre tachetée en noir ; • Grés de couleur marron claire ; • Argile bleuâtre molle ; • Grés de couleur marron claire ; • Grés induré de couleur marron claire avec passage de grés altéré. |
| Sc2 | 3+360 | 0,00 à 6,00 m 6,00 à 10,50 m 10,50 à 15,00 m | <ul style="list-style-type: none"> • Argile rougeâtre en surface et bleuâtre en profondeur ; • Argile feuilletée non carbonatée de couleur bleuâtre débitant en plaquettes. • Calcaire grisâtre avec passage de marne molle. |
| Sc3 | 5+960 | 0,00 à 8,50m 8,50 à 10,00m 10,00 à 15,00m 15,00 à 17,60m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Marne indurée grisâtre ; • Marne feuilletée friable grisâtre renfermant des éléments calcaireux ; • Calcaire marneux grisâtre induré. |
| Sc4 | 7+520 | 0-3.4 3,4-7 7-10.5 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseuse et matrice versicolore ; • Flysch à squelette et matrice non carbonatée ; • Argile bleuâtre feuilletée |
| Sc5 | 8+080 | 0-10 .7 10.7-15 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Grés issus des éboulis. |

I.33.2.2 Puits de reconnaissance

TABLEAU 14 Puits de reconnaissance

| sondage | PK | Profondeur (m) | Description des terrains |
|------------|--------------|--|--|
| PR1 | 0+440 | 0,00 à 4,50 m 4,50 à 21,00 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à matrice gréseuse ; • Marne grisâtre. |
| PR2 | 0+600 | 0,00 à 4,50 m 4,50 à 21,00 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à matrice gréseuse ; • Marne grisâtre. |
| PR3 | 0+760 | 0,00 à 8,00 m 8,00 à 11,00m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à matrice gréseuse • Marne indurée grisâtre ; |
| PR4 | 0+880 | 0,00 à 8,00 m 8,00 à 11,00m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux • Calcaire marneux grisâtre. |
| PR5 | 1+040 | 0,00 à 8,00 m 8,00 à 11,00 m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Calcaire marneux grisâtre |
| PR6 | 6+360 | 0,00 à 3,00 m 3,00 à 5,00 m 5,00 à 15,00 m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Argile brunâtre ave veines gréseuses noirâtres ; • Marne et biomicrite en plaquettes |
| PR7 | 6+560 | 0,00 à 11,00 11,00 à 20,00 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux • Argile grisâtre à sommet rougeâtre à micro béchique. |
| PR8 | 6+680 | 0,00 à 2,00 m 2,00 à 17,00 m | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Argile carbonatée microbréchiqes feuilletée grisâtre. |
| PR9 | 6+800 | 0,00 à 4,00 m 4,00 à 17,00 m 17,00 à 20,00 | <ul style="list-style-type: none"> • Eboulis à squelette gréseux ; • Marne brunâtre à grisâtre ; • Marne indurée grisâtre. |

I.33.2.2.1 Interprétation :

D'après les résultats ci-dessus nous avons trouvé que la zone de notre projet (du PK00 au PK08+273) est constituée de marne argileux, des argiles (argile sableuse, argile limoneuse), tuf, cailloux et graviers, surmontés de la terre végétale d'une épaisseur faible (0.3 à 0.4 m)

I.33.2.3 Essai préssiométrique

Les essais préssiométrique ont été réalisés conformément aux dispositions de la Norme

(NF P94 – 110). C'est un essai de chargement in situ effectué aux seins même du terrain grâce à la réalisation préalable des forges. L'analyse des résultats permet d'obtenir,

L'essai consiste à introduire dans le sol au moyen d'un sondage, une sonde cylindrique Dilatable. Cette sonde est reliée à un système de mesure pression/ volume situé en surface du sol.

L'essai permet d'obtenir une relation contrainte/déformation du sol en place. Les résultats obtenus de ces essais sont récapitulés dans le tableau ci-dessous

TABLEAU 15 RESULTATS ESSAI PRESSIONMETRIQUE

| N° | Sondage | PK | Profondeur (mètre) | Module (E) préssiométrique | Pression limite PL (bars) | Pression de fluage | Rapport E/PL |
|-------|----------|-------|--------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| 1 | PR 1 | 0+440 | 2.00 | 96.48 | 6.38 | 4.10 | 15.11 |
| | | | 3.00 | 191.04 | 6.91 | 3.73 | 27.64 |
| | | | 4.00 | 138.01 | 6.61 | 3.95 | 21.02 |
| | | | 5.50 | 151.51 | 5.34 | 5.97 | 25.37 |
| | | | 7.00 | 166.98 | 7.17 | 3.93 | 23.29 |
| | | | 8.00 | 370.01 | 9.97 | 6.09 | 37.13 |
| | | | 9.00 | 1 565.12 | 24.76 | 24.76 | 63.21 |
| | | | 10.00 | 1 413.59 | 24.84 | 24.84 | 56.91 |
| | | | 11.50 | 2 495.47 | 32.22 | 32.22 | 77.45 |
| 2 | PR 2 | 0+600 | 6.00 | 1 221.57 | 26.69 | 18.36 | 45.77 |
| | | | 7.50 | 3 079.34 | 30.89 | 24.70 | 99.67 |
| | | | 9.00 | 2 436.74 | 31.18 | 31.18 | 78.22 |
| | | | 10.50 | 2 431.87 | 37.19 | 37.19 | 65.39 |
| | | | 12.00 | 991.47 | 40.28 | 40.28 | 24.62 |
| | | | 13.00 | 2 182.85 | 34.30 | 34.30 | 63.63 |
| | | | 14.00 | 3 551.12 | 30.49 | 30.49 | 116.45 |
| | | | 15.00 | 2 675.15 | 37.42 | 37.42 | 71.49 |
| | | | 16.00 | 2 747.07 | 39.72 | 39.72 | 69.15 |
| | | | 17.50 | 2 595.97 | 32.58 | 32.58 | 79.69 |
| | | | 19.00 | 2 747.76 | 51.09 | 51.09 | 53.78 |
| | | | 21.00 | 2 638.35 | 39.31 | 39.31 | 67.11 |
| | | | 23.00 | 2 936.53 | 40.64 | 40.64 | 72.25 |
| | | | 25.00 | 2 768.66 | 37.96 | 37.96 | 72.93 |
| | | | 26.50 | 2 729.15 | 41.68 | 41.68 | 65.48 |
| 28.00 | 2 927.48 | 41.91 | 41.91 | 41.91 | | | |
| 30.00 | 3 184.93 | 41.94 | 41.94 | 75.94 | | | |
| 3 | PR 3 | 0+760 | 6.00 | 2 255.80 | 29.76 | 29.76 | 75.81 |
| | | | 7.50 | 1 975.00 | 39.86 | 39.86 | 49.56 |
| | | | 9.00 | 2 670.00 | 40.05 | 40.05 | 66.67 |
| | | | 10.50 | 2 503.00 | 40.23 | 40.23 | 62.21 |
| | | | 12.00 | 2 627.95 | 35.34 | 35.34 | 74.37 |
| | | | 13.50 | 2 618.52 | 40.48 | 40.48 | 64.69 |

| N° | Sondage | PK | Profondeur (mètre) | Module (E) préssiométrique | Pression limite PL (bars) | Pression de fluage | Rapport E/PL |
|----|---------|-------|--------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| 4 | PR 4 | 0+880 | 5.00 | 149.13 | 5.72 | 2.98 | 26.09 |
| | | | 6.00 | 124.35 | 7.02 | 3.16 | 17.73 |
| | | | 7.00 | 324.36 | 16.25 | 7.74 | 19.87 |
| | | | 8.00 | 96.21 | 11.23 | 4.90 | 8.57 |
| | | | 9.00 | 1 965.92 | 39.51 | 39.51 | 49.74 |
| | | | 10.00 | 3 351.92 | 40.10 | 40.10 | 83.58 |
| | | | 11.00 | 2 291.82 | 40.16 | 40.16 | 57.06 |

| | | | | | | | |
|---|------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|
| 5 | PR 5 | 1+040 | 1.50 | 115.20 | 9.70 | 3.11 | 11.87 |
| | | | 3.00 | 677.85 | 44.79 | 22.77 | 15.13 |
| | | | 4.50 | 2 958.00 | 53.09 | 49.22 | 55.72 |
| | | | 6.00 | 2 645.70 | 54.32 | 49.18 | 48.71 |
| | | | 7.50 | 2 863.21 | 54.18 | 49.33 | 52.84 |
| | | | 9.00 | 2 644.34 | 52.90 | 49.76 | 49.99 |
| | | | 10.50 | 2 468.73 | 51.88 | 50.13 | 47.58 |
| 6 | PR 6 | 6+ 360 | 4.00 | 459.20 | 18.42 | 9.68 | 24.94 |
| | | | 5.50 | 426.66 | 8.39 | 5.16 | 50.83 |
| | | | 9.00 | 249.87 | 12.22 | 7.41 | 20.45 |
| | | | 12.00 | 2 281.35 | 27.31 | 27.31 | 83.52 |
| | | | 14.50 | 620.58 | 26.61 | 23.03 | 7.07 |
| | | | 16.00 | 46.37 | 6.56 | 3.92 | 7.07 |
| | | | 17.50 | 972.15 | 50.56 | 24.61 | 19.23 |
| | | | 19.00 | 2 892.95 | 60.58 | 35.80 | 47.76 |
| 7 | PR7 | 6+560 | 20.00 | 2 896.58 | 56.27 | 37.97 | 51.47 |
| | | | 3.00 | 156.33 | 6.82 | 3.61 | 22.94 |
| | | | 4.50 | 108.89 | 7.11 | 3.11 | 15.32 |
| | | | 6.00 | 234.65 | 11.33 | 7.27 | 20.70 |
| | | | 7.50 | 993.92 | 32.32 | 20.47 | 30.75 |
| | | | 9.00 | 614.92 | 38.69 | 24.60 | 15.89 |
| | | | 12.00 | 839.92 | 35.16 | 23.82 | 23.89 |
| | | | 13.50 | 1 105.48 | 45.62 | 26.34 | 24.23 |
| | | | 15.00 | 1 097.51 | 32.07 | 19.81 | 34.23 |
| | | | 16.50 | 1 336.77 | 35.49 | 30.58 | 37.67 |
| 8 | PR8 | 6+080 | 18.00 | 1 062.57 | 35.82 | 30.92 | 29.67 |
| | | | 3.00 | 124.78 | 6.40 | 3.21 | 19.51 |
| | | | 4.50 | 390.45 | 19.46 | 9.45 | 20.06 |
| | | | 6.00 | 330.89 | 26.00 | 14.91 | 12.73 |
| | | | 7.50 | 582.45 | 21.14 | 11.70 | 27.55 |
| | | | 9.00 | 308.59 | 12.86 | 6.77 | 24.00 |
| | | | 10.50 | 478.82 | 17.81 | 8.97 | 26.88 |
| | | | 12.00 | 556.96 | 24.36 | 15.41 | 22.87 |
| | | | 13.50 | 882.58 | 27.50 | 15.89 | 32.08 |
| | | | 15.00 | 957.58 | 28.49 | 15.74 | 33.61 |
| | | | 16.50 | 1 060.60 | 39.23 | 23.67 | 27.03 |
| | | | | | | | |
| | | | 18.00 | 1 136.07 | 49.17 | 30.69 | 23.11 |
| | | | 19.50 | 1 192.28 | 35.81 | 30.88 | 33.30 |
| 9 | PK9 | 6+800 | 3.50 | 292.21 | 9.51 | 5.99 | 30.72 |
| | | | 5.00 | 298.70 | 5.72 | 2.98 | 26.09 |
| | | | 6.50 | 346.98 | 7.02 | 3.16 | 17.73 |
| | | | 8.00 | 253.82 | 11.23 | 4.90 | 8.57 |
| | | | 9.50 | 619.00 | 39.51 | 39.51 | 49.74 |
| | | | 11.00 | 567.39 | 40.16 | 40.16 | 57.06 |
| | | | 12.50 | 710.80 | 39.64 | 27.04 | 17.93 |
| | | | 14.00 | 831.09 | 22.80 | 12.38 | 36.44 |
| | | | 15.50 | 997.77 | 32.30 | 17.03 | 30.44 |
| | | | 17.00 | 991.62 | 29.30 | 16.47 | 33.84 |
| | | | 18.50 | 864.33 | 27.19 | 16.56 | 31.79 |
| | | | 20.00 | 1 066.89 | 32.01 | 18.27 | 33.33 |

Tableau récapitulatif des écarts entre deux grandeurs extrêmes des caractéristiques pressiométriques obtenues des faciès obtenus sondages carottés :

| Caractéristiques Faciès | Module pressiométrique (bars) | | Pression limite (bars) | | Pression de fluage | | E/PL | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------|------------------------|--------|--------------------|-------|-------|-------|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Eboulis | 96.21 | 192.21 | 6.40 | 55.19 | 3.11 | 50.13 | 7.26 | 19.51 |
| Calcaire marneux grisâtre | 115.20 | 2 958.06 | 16.33 | 49.17 | 6.58 | 40.48 | 15.55 | 75.81 |
| Marne à plaquettes micro béchique | 88.96 | 2 185.61 | 6.47 | 111.80 | 2.91 | 43.58 | 9.79 | 83.66 |
| Argile bleuâtre feuilletée | 196.18 | 1 183.89 | 10.28 | 32.30 | 6.61 | 12.38 | 12.53 | 36.58 |
| Formation détritique (grés + Schiste) | 144.10 | 323.73 | 7.87 | 13.16 | 3.32 | 7.24 | 15.20 | 31.49 |

I.33.2.3.1 Interprétation :

Le tableau ci-dessus nous montre que le rapport E/P du module pressiométrique à la pression limite dépend de la nature du sol étudié. Mais il est aussi influencé par le degré de consolidation ou de remaniement du sol. Ce remaniement pourrait, en effet être à l'origine d'une réduction importante de la pression limite P_1 et surtout du rapport E/P_1 . Il conduirait à une sous-estimation notable des caractéristiques mécaniques réelles du terrain.

Le tableau ci-après, nous donne un ordre de grandeur du rapport E/P pour quelques matériaux types, en fonction de leur degré de consolidation ou de remaniement.

Au-dessous d'une valeur de 4 à 6 pour le rapport E/P_1 , selon les terrains, il y-a sûrement remaniement du sol. Il peut être dû à une cause naturelle (remblais-glissement- fontis - affaissement ...etc) ou à une mauvaise exécution du sondage carotté.

En outre, il est important de savoir, pour les ouvrages fondés en zone inondable ou au-dessus d'une nappe soumise à de fortes fluctuations que l'influence se fait également ressentir sur la valeur du rapport E/P . Son influence négative est autant plus sensible que ce dernier.

| Désignation | Argile | Limon | Sable | Sable gravier |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Sur consolidé | ≥ 15 | ≥ 14 | ≥ 12 | ≥ 10 |
| Normalement consolidé | 8-15 | 8-14 | 7-12 | 6-10 |
| Sous consolidé | 5-8 | 5-8 | 4-7 | 3-6 |
| Altéré ou remanié | < 5 | < 5 | < 4 | < 3 |

I.33.3 Les essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire ont pour but de déterminer les paramètres physique et mécanique du sol en vue d'estimer son état naturel. Les échantillons prélevés à partir (puits de

reconnaissance, sondage carotté ...) ont été acheminés au laboratoire en vue de subir les essais suivant :

I.33.3.1 Programme des essais

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été effectués :

I.33.3.1.1 Essais physiques :

Teneur en eau naturelle (NF P 94-050).

Analyse granulométrique (NF P 94-056).

Limite d'Atterberg (NF P 94-051).

Densité apparente des sols fins (NF P94-053)

I.33.3.1.2 Essai mécaniques :

Essai Proctor modifié (NF P 94-093)

TABLEAU 16 RESULTATS ESSAI MECANIQUE

| N° | Nature géologique Du sol | Sondage N° | Prof (m) | Densité hydrostatique (T/M ³) | Résistance à la Compression (T/M ²) | Angle de frottement (°) | Cohésion (Bars) | Limites d'Atterberg |
|----|--|------------|-------------|---|---|-------------------------|-----------------|---------------------|
| 01 | Eboullis | PR 1 | 0.00 -4.50 | | | | | |
| | | PR2 | 5.10-5.60 | 2.52 | 185.50 | - | - | 19.00 (matrice) |
| | | PR3 | 7.60-7.80 | 1.88 | 5.80 | - | - | 18.50(matrice) |
| | | SC 1 | 13.30-13.60 | 2.05 | - | 4.63 | 0.51 | 20.50(matrice) |
| | | SC 2 | 14.00-14.25 | 2.39 | 103.10 | - | - | |
| 02 | Calcaire marneux grisâtre | PR4 | 9.30-9.50 | 2.55 | 107.57 | - | - | NM |
| | | PR 5 | 7.00-7.36 | 2.35 | - | 25.22 | 0.54 | - |
| | | PR6 | 15.80-16.00 | 2.05 | 7.22 | - | - | - |
| | | Sc3 | 18.25-18.50 | 2.66 | 606.43 | 30.26 | 0.32 | NM |
| 03 | Marne altérée de couleur marron | PR7 | 6.50-6.70 | 1.74 | 6.00 | - | - | 21.35 |
| | Flysch à squelette et matrice non carbonatée | SC 4 | 11.00-11.40 | 1.94 | - | 13.22 | 0.85 | |
| 05 | Marne et biomicrorite en plaquettes | SC 5 | 10.00-10.40 | 2.13 | - | 23.22 | 0.12 | |
| | | SC 6 | 17.00-17.40 | 2.20 | - | 37.70 | 0.81 | |

I.33.3.2 Interprétation des essais au Laboratoire :

Des faciès sont traversés par les sondages carottés dans le cadre de l'étude de tronçon choisi de la liaison Freha- Aghrib- Azzefoun :

- Le premier type de faciès est friable en surface et induré en profondeur. Il se résume à des marnes grisâtres, des calcaires marneux.
- Le deuxième type de faciès est plastique et altéré. Il est représenté par les argiles Bleuâtres feuilletées, argiles bleues et les Argiles carbonatées à plaquettes micro Béchiques, formation détritique (grès schiste) ainsi que les Flysch à squelette et à matrice Non carbonatée.
- Le faciès éboulis est un faciès datant du quaternaire ancien. Il est affleurant Sur les 72.22 % du tracé. Son épaisseur varie de 2,00 à 20 mètres. Sa matrice est très Plastique et sensible à l'eau.

La synthèse et interprétation des résultats des essais d'identification et mécaniques est fait Par famille de matériaux. Nous donnons dans le tableau ci-dessous la moyenne des résultats des différentes analyses par type de faciès analysé

TABLEAU 17 RECAPITULES DANS LE TABLEAU CI-DESSOUS

| Nature géologique | Teneur en eau W % | 31.5 mm | 20 Mm | 0.2 Mm | 80 u.m | IP | Proctor normal | | ICBR | LA % | MDE % | Classification GTR |
|----------------------------|----------------------|---------|-------|--------|--------|-------|----------------|---------------------------------|------|-------|-------|-------------------------------|
| | | | | | | | W % | γ _t t/m ³ | | | | |
| Eboulis d'origine Gréseuse | 19.34 | 92.93 | 92.92 | 47.80 | 43.81 | 22.73 | 13.45 | 1.35 | 3.62 | 29.00 | 28.21 | C ₁ A ₁ |
| Grés | 9.77 | 68.14 | 84.96 | 75.07 | 29.49 | 7.95 | 12.32 | 1.57 | 8.05 | 93.02 | 87.43 | B ₅ |
| Sable gréseux | 9.67 | 100.00 | 100.0 | 55.79 | 39.80 | 8.34 | 14.0 | 1.84 | 6.33 | - | - | A ₂ |
| Flysch à micro brèche | 22.45 | 100 | 100 | 100 | 87.90 | 27.26 | 18.20 | 1.58 | 1.09 | - | - | A ₃ |

I.33.3.3 Interprétation

Les résultats des essais d'identification et mécaniques, obtenus sur les échantillons des matériaux extraits des huit puits de reconnaissance, représentant les différents faciès du nouveau tracé, ont montré que le sol support de la RN12 est très hétérogène du point de vue caractéristiques physiques et mécaniques.

✚ Les teneurs en eau naturelle obtenues nous montrent que les matériaux (éboulis+ Flysch) sont saturés d'eau, par contre les matériaux gréseux, ne le sont pas.

✚ La plasticité de ces matériaux gréseux (grés sable gréseux) sont faibles par Contre les matériaux (éboulis +Flysch) sont très plastiques.

✚ La granulométrie des quatre types de matériaux nous montre que le taux des Fines est important. Les passants à 80 n.m passent de 29,49 à 39,80 % pour les matériaux gréseux. Par contre les matériaux plastiques, les inférieurs à 80 u.m atteignent les 87, 90%.

La portance des éboulis et les flysch est très faible. Ceci est dû à leur forte plasticité qu'ils sont sensible à l'eau. Par contre les matériaux gréseux ne sont pas sensibles à l'eau. Ils ont une portance acceptable.

✚ La résistance aux chocs du squelette de ces quatre types de matériaux est très Faible. Ils sont très évolutifs du point de vue granulométrie.

Le classement de ces matériaux selon le guide technique de SETRA, nous montre que nos matériaux sont dispatchés en quatre classes distinctes à savoir :

| | | | |
|----|-----------------------|--|--|
| B5 | Grés | Dmax < 50 mm - IP ≤12 12 < Tamisât à 80 u.m <35 | Sables et graves très silteux. |
| A1 | Sable gréseux | Dmax ≤ 50 mm - - IP ≤12 Tamisât à 80 u.m >35 | Limon peu plastique, sable fin peu pollué. |
| A3 | Flysch à micro brèche | Dmax ≤ 50 mm - Tamisât à 80 u.m >35 - 25 < IP <40 | Argile et argiles marneuses très plastiques. |

I.33.4 PROSPECTION DES MATERIAUX SUBNORMAUX POUR LEUR UTILISATION EN REMBLAI.

A la lumière des résultats des essais réalisés sur les quatre faciès existants dans la région d'Akourene, il y-a uniquement les grés qui sont susceptibles d'être utilisés en remblais, car ils possèdent une plasticité acceptable (inférieure à 10). Ce qui les rend moins sensibles à l'eau.

Pour connaître les caractéristiques intrinsèques de ses matériaux gréseux, nous avons prélevé quatre échantillons à l'aide d'un rétro chargeur : Deux échantillons ont été prélevés du rocher gréseux du pk 0+000 « côté gauche » de la RN12 en allant vers la ville d'Akouren. Par contre les deux autres échantillons sont issus du même côté de la route, au pk 6+000.

TABLEAU 18 RESULTATS ESSAI DE LABORATOIRE

| ECHANTILLON PK | LA % | Granulométrie (% refus) | | | | | | Limites d'Atterberg | | | Indice CBR 04 j d'imbibition | Proctor Modifié | |
|---|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|---------------------|-----------|-----------|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | | 40 Mm | 20 mm | 2.0 mm | 0.4 Mm | 0.2 mm | 80 u m | IP | WL | WP | | W (%) | γ _d (T/m ³) |
| Ech 01 Grés jaunâtre PK : 0+000 | 65.0 0 | 93.1 7 | 79.5 6 | 62.2 3 | 56.1 4 | 36.86 | 27.6 3 | 10.1 3 | 30.9 9 | 20.8 6 | 11.29 | 9.90 | 1.97 |
| Ech 02 Grés ocre à Rougeâtre PK : 0+000 | 75.4 4 | 96.3 8 | 89.6 8 | 73.4 4 | 65.8 9 | 48.45 | 32.2 1 | 14.0 5 | 29.5 3 | 15.4 8 | 15,27 | 8.65 | 2.02 |
| Ech 03 Grés ocre à rougeâtre PK :6+000 | 72.0 0 | 98.4 5 | 81.4 1 | 58.6 3 | 47.0 7 | 42.50 | 24.0 2 | 8.93 | 24.1 2 | 15.1 9 | 12.91 | 8.20 | 2.10 |
| Ech 04 Grés grisâtre PK : 6+000 | 79.7 8 | 93.1 2 | 77.5 3 | 59.2 1 | 46.8 6 | 37.76 | 28.7 8 | 10.8 6 | 28.4 9 | 17.6 3 | 3,27 | 9.20 | 2.02 |

Les résultats de l'étude géotechnique du nouveau tracé de la RN12 a mis en exergue la présence de différentes catégories de sol, allant de sols fins argileux très plastiques et de faibles portances aux sols argileux sableux peu plastiques renfermant des cailloux ainsi que les sols très peu plastiques, non sensibles à l'eau, et de portance acceptable.

Suivant le GTR, on distingue les matériaux de classe : **A₁- A₃ - B₅ - C_{1A₁}**.

Lorsque les sols sont sensibles à l'eau et de faible portance, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation du corps de chaussée dans de bonnes conditions, ou bien encore la substitution du sol support plastique sur une profondeur donnée par un matériau de bonne portance et non sensible à l'eau.

Ceci est justement valable à ce projet, pour le sol support de la classe **A₃**, il est nécessaire de recourir à une couche de forme ou la substitution du sol support sur 01 mètres de profondeur par un matériau de classe **B₅** (portance acceptable- très peu plastique).

Concernant les gîtes d'emprunt, il y-a lieu de préciser qu'il existe que le matériau classé en **B₅** qui peut être utilisé en remblai sur une hauteur qui ne dépasse pas 03 mètres.

Pour cela deux gîtes ont été sélectionnés pour leur utilisation en remblai sur une hauteur ne dépassant pas 3 mètres. Quant à son utilisation sur des hauteurs importantes (plus de 03 mètres au maximum), nous recommandons de le brasser avec les alluvions d'origine gréseuse (après concassage), situés au niveau des anciennes terrasses de l'oued Sebou. Ils sont affleurant à sub affleurant au niveau de la périphérie de la ville de FREHA. Ce matériau alluvionnaire possède de bonnes caractéristiques mécaniques en occurrence la résistance aux chocs et à l'usure.

Le brassage des deux matériaux va sans doute augmenter la portance et la tenue à long terme des remblais vu sa non sensibilité à l'eau.

I.34 Conclusion :

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie de notre sol est constitué des argiles marneuse et limoneuse, avec des zones des fins et tuf. 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.

I.35 Introduction :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic pour une durée bien déterminée. Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mis en place pour constituer le corps de chaussée. On doit non seulement penser au trafic existant mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route. Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivants :

- Le trafic est l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds.
- La portance du sol support désignée par son indice C.B.R.
- La durée de service.

I.36 Définition de la chaussée :

Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.

Au sens structural : c'est l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise de charge.

I.36.1 Les différents types des chaussées :

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

I.36.1.1 Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 3 couches suivantes :

➤ **Couche de roulement (surface) :**

La couche de roulement est une couche qui assure la protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches intérieures les plus rigides

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

➤ **Couche de base :**

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

➤ **Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités elle substitue partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie.

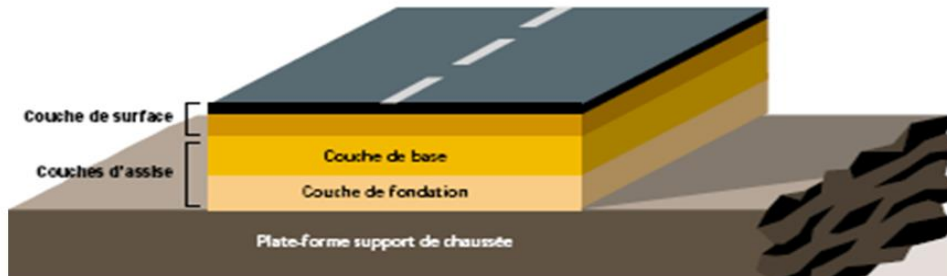


FIGURE 23 CHAUSSEE SOUPLE

I.36.1.2 Chaussée rigide :

Comportant les dalles en béton qui fléchissent élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une très grande surface

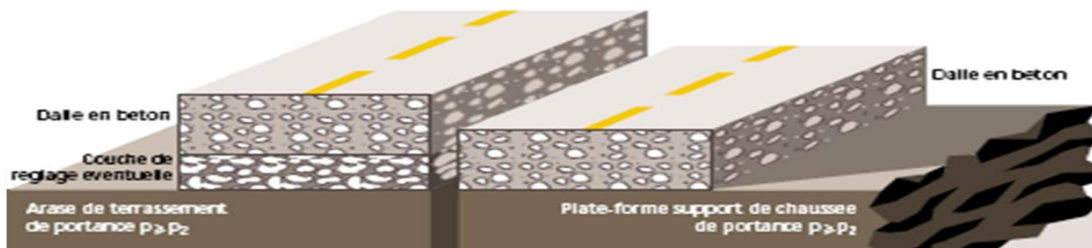


FIGURE 24 CHAUSSEE RIGIDE

I.36.1.3 Chaussée semi-rigide :

On distingue :

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

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé, l'épaisseur minimale doit être de 15cm. ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

- ❖ Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

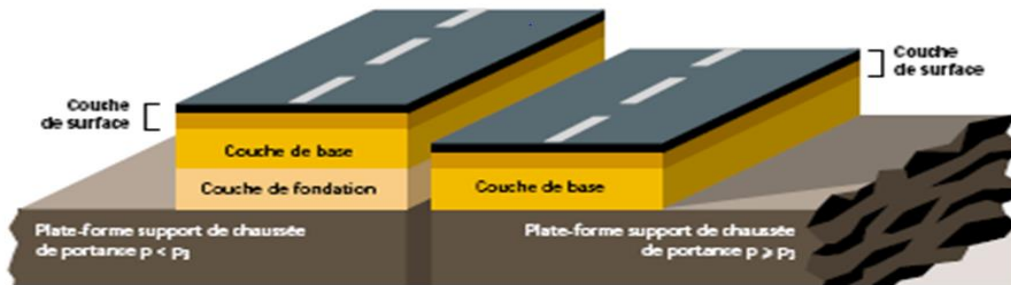


FIGURE 25 CHAUSSEE SEMI RIGIDE

I.36.2 Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée :

Pour le dimensionnement des chaussées, il existe plusieurs méthodes (EMPIRIQUES OU SEMI EMPIRIQUE) on peut citer :

- ✓ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP)
- ✓ La méthode **LCPC** (laboratoire centrale des ponts et des chaussées)
- ✓ La méthode **CBR** (Californie -Bearing - Ratio).
- ✓ Les méthodes **AASHO** (Americana Association of Highway Official) : méthodes empiriques basées sur des observations du comportement sous trafic de chaussée réelle expérimentale.
- ✓ Méthode du catalogue des structures

Dans notre étude on a opté pour deux méthodes et effectué la comparaison pour choisir la meilleure et la plus économique. Comme si montré dans la figure suivante



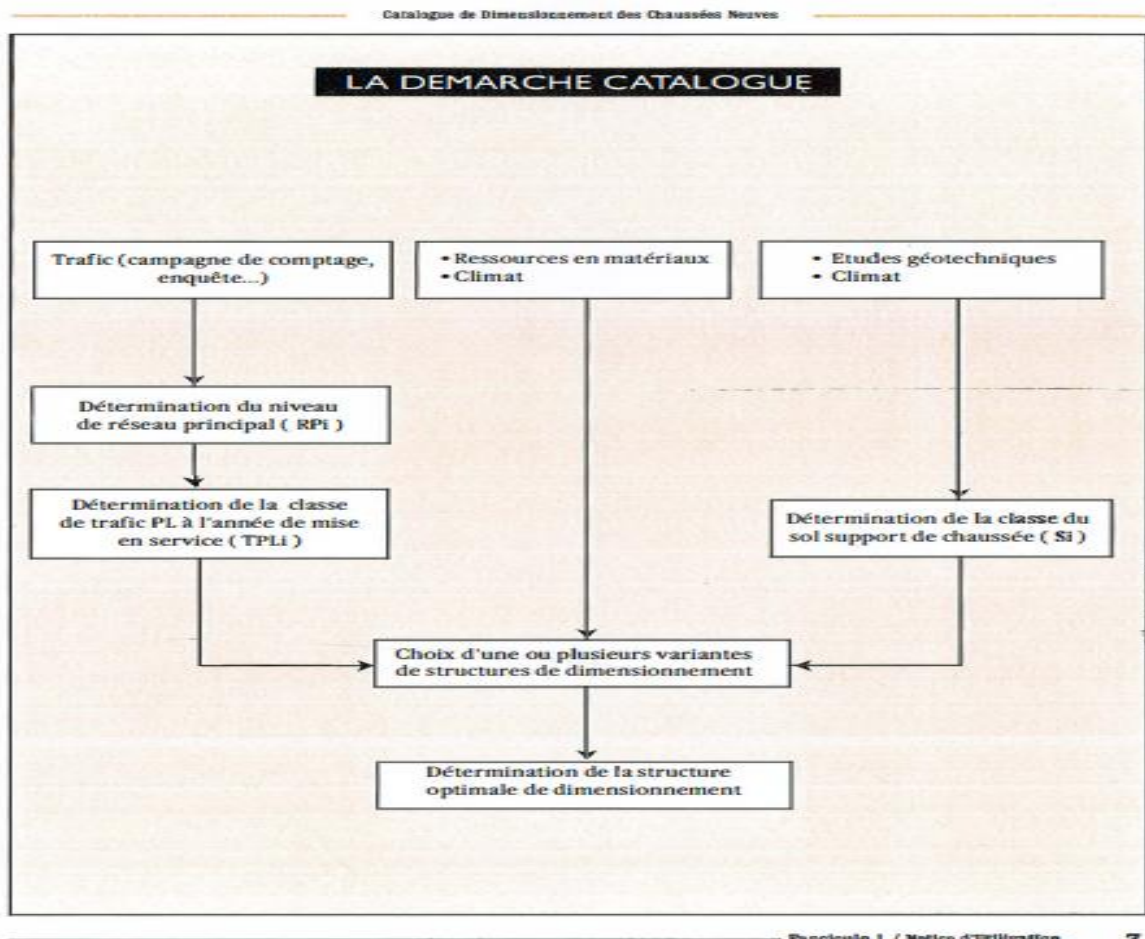
FIGURE 26 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

I.36.2.1 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

I.36.2.1.1 Description de la méthode :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.



I.36.3 Application au projet :

Les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées sont :

- La durée de vie
- Le risque de calcul considéré
- Les données climatiques
- Le trafic
- Le sol support de chaussée
- Les caractéristiques des matériaux.

I.36.3.1 Les données climatiques

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

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

D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) fascicule1 »,

Le site de projet est classé en zone (wilaya de Tizi Ouzou), avec une intensité pluviométrique $>600\text{mm/an}$

Donc nous avons une température équivalente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ comme montré dans le tableau suivant :

TABLEAU 19 TEMPERATURE EQUIVALENTE

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

I.36.3.2 Les données du trafic :

Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification suivante

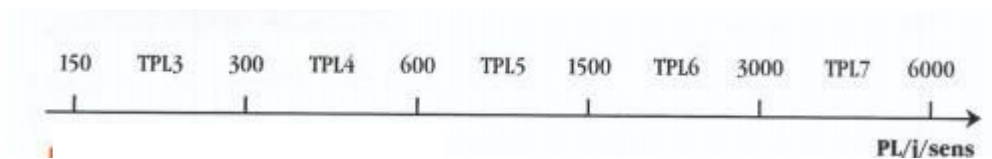


FIGURE 27 CLASSE DE TPL POUR PR1

Pour notre projet :

L'année de mise en service est 2030 : $TJMA_{2030} = 9680\text{v/j} > 1500\text{v/j}$

Donc le réseau principal est **RP1**.

I.36.3.3 Dimensionnement du corps de chaussée :

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

On a :

- $TJMA_{2020} = 9680 \text{ v/j}$
- Année de mise en service : 2030.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 10\%$.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 4\%$
- La durée de vie : 20ans.
- $TJMA_{2030} = 14329 \text{ v/j}$

$$TJMA_{2030/\text{sens}} = 14329 \text{ v /j/sens}$$

$$TPL_{2030} = Z \times TJMA_{2030} = 0,10 \times 14329 = 1432,9$$

$$TPL_{2030} = 1433 \text{ pl/j/sens}$$

I.36.3.4 Répartition transversale du trafic :

D'après le catalogue algérien du dimensionnement nous avons une chaussée unidirectionnelle à 3 voies.

La répartition des poids lourds est 80% sur la voie de droite la plus chargée

$$TPL_{2030} = 1433 \times 0,8 = 1146 \text{ (PL /j/sens/voie plus chargée)}$$

Notre classe de trafic est TPL5

I.36.3.5 Trafic cumulé du poids lourd :

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

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

Tel que

i : taux d'accroissement géométrique

n : durée de vie (20ans)

AN :

$$TCI = TC_{2030} = 1146 \times 365 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04} = 12,46 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

I.36.3.6 Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au membre cumulé des essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérées

(20 ans)

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

Tel que

A : coefficient d'agressivité des PL par rapport à essieu de référence, il est en fonction de

| Niveau de réseau principal (RPI) | Types de matériaux et structures | Valeurs de A |
|----------------------------------|--|--------------|
| RPI | 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 |

FIGURE 28 COEFFICIENT D'AGRESSIVITE

AN :

$$TCEi = 12.46 \times 10^6 \times 0,6 = 7.48 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

I.36.3.7 Classe de portance de sol :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0 en fonction d'indice **CBR** Cette classification sera également utilisée pour les **sol-support de corps de chaussée**

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

FIGURE 29 CLASSE DU PORTANCE DE SOL SELON CBR

I.36.3.8 Classes de portances de sols support pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de portance de sols supports à savoir : S3 ,S2,S1 ,S0 .Les valeurs des modules indiquées sur le tableau suivants, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

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

FIGURE 30 CLASSE DU PORTANCE DU SOL SUPPORT

$$E = 5 \times 9 = 45 \text{ MPA}$$

Pour notre projet indice CBR =9 donc une classe de portance de S3

I.36.3.9 Sur classement des sols supports de chaussées :

Lorsque des cas de sols de faible portance (< S4 en RP2, < S4 et S3 en RP 1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels sélectionnés ou traités, permet un sur classement de portance du sol terrassé, Le tableau ci-dessous 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 31 SUR CLASSEMENT DU SOL SUPPORT

Dans notre cas on a un sol à faible portance S3, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40cm, en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2.

I.36.4 Choix de la structure de la chaussée :

Nous sommes dans le réseau principal (RPA), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance du sol (S2) et une classe du trafic (TPL5) ; avec toutes les données, le catalogue algérien propose la structure suivante :

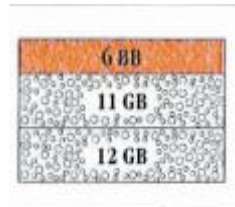


FIGURE 32 STRUCTURE PROPOSEE PAR FASCICULE3

I.36.5 Epaisseur des couches et type de liaison :

TABEAU 20 EPAISSEUR DES COUCHES ET TYPE LIAISON

| couches | Epaisseur(cm) | Type d'interface |
|--------------------------|---------------|------------------|
| BB(couche de roulement) | 6 | Collée |
| GB(couche de base) | 11 | Collée |
| GB(couche de fondation) | 12 | collée |
| TUF(couche de forme) | 40 | |

I.36.6 Verification en fatigue des structures :

Il faudra vérifier que ϵ_z et ϵ_t calculées à l'aide d'Alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{z,adm}$ et $\epsilon_{t,adm}$

La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traités, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.

Dans le cas des chaussées traitées au bitume et aux liants hydrauliques, la pression sur le sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$ sera pratiquement toujours vérifié.

FIGURE 33 EXTRAIT DU FASCICULE 2

Les déformations admissibles sont données par les relations suivantes :

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

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{hz}) k_{ne} k_\theta k_r k_c$$

La vérification :

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$$

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

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

$$\epsilon_z = 22 \times 10^{-3} (7.48 \times 10^6)^{-0.235} = 5.33 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.33 \times 10^{-4}$$

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

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

Avec :

K_θ : Facteur lié à la température.

K_{ne} : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

K_r : Facteur lié au risque et aux dispersions.

K_c : Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{\text{TCEi}}\right)^b; \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{\text{éq}})}}; \quad K_r = 10^{-t\delta}$$

I.36.7 Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

TABLEAU 21 MATERIAUX TRAITES AU BITUME

| 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) | ν | kc Calage |
|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|------|------|---------|-------|-----------|
| BB | 2500 | 3500 | 4000 | - | - | - | - | - | 0,35 | - |
| GB | 3500 | 5500 | 7000 | 12500 | 100 | 6,84 | 0,45 | 3 | 0,35 | 1,3 |

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

- $\theta_{\text{éq}}$: Température équivalente ($\theta_{\text{éq}} = 20^\circ\text{C}$) $\Rightarrow E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000 \text{ MPA}$.
- Classe de trafic (TPL5).
- Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 ($r\% = 10$).
- C : coefficient égal 0.02
- t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc ($t = -1.282$).

$$\delta = \sqrt{(\text{Sn} \wedge 2 + \left(\frac{c}{b} \text{Sh}\right)^2)} = \sqrt{(0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2)} = 0.609$$

$$k_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.769$$

Avec :

- S_n : dispersion sur la loi de fatigue
- S_h : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

$$K_{ne} = \left(\frac{10^6}{TCE} \right)^{-0.146} = 1.34$$

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^{\circ}C)}{E(\theta_{\text{éq}})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$$

$$k_c = 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 1.34 \times 1.33 \times 0.769 \times 1.3 = 1.78 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1.78 \times 10^{-4}$$

I.36.8 Vérification par ALIZE de la structure retenue :

| épais. (m) | module (MPa) | coefficient Poisson | Zcalcul (m) | EpsT (μdef) | SigmaT (MPa) | EpsZ (μdef) | SigmaZ (MPa) |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 0.600 | 4000.0 | 0.350 | 0.000 | -17.2 | -0.009 | 53.7 | 0.657 |
| | | | 0.600 | -6.4 | -0.017 | 12.6 | 0.040 |
| 0.110 | 7000.0 | 0.350 | 0.600 | -6.4 | -0.045 | 9.9 | 0.040 |
| | | | 0.710 | -10.4 | -0.102 | 12.1 | 0.015 |
| 0.120 | 7000.0 | 0.350 | 0.710 | -10.4 | -0.102 | 12.1 | 0.015 |
| | | | 0.830 | -17.2 | -0.180 | 18.1 | 0.003 |
| infini | 50.0 | 0.350 | 0.830 | -17.2 | 0.000 | 58.8 | 0.003 |

FIGURE 34 ECRAN ALIZE

TABEAU 22 RESULTATS DES DEFORMATIONS

| Déformation admissible calculé | Déformation calculé |
|--|-------------------------------------|
| $\epsilon_{t,adm} = 1.78 \times 10^{-4}$ | $\epsilon_t = 0.172 \times 10^{-4}$ |
| $\epsilon_{z,adm} = 5.33 \times 10^{-4}$ | $\epsilon_z = 0.181 \times 10^{-4}$ |

On déduit la structure de : **6(BB) +11(GB) +12(GB) +40(TUF)** est bien vérifiée

I.36.9 Application de la méthode CBR :

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

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

Avec :

E : épaisseur équivalente.

ICBR : indice **CBR** (sol support).

N : désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon.

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$$

Où :

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à une grave concassée.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

TABLEAU 23 COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE POUR LES MATERIAUX

| Matériaux utilisées | Coefficient d'équivalence |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Béton bitumineux ou enrobé dense | 2.00 |
| Grave-ciment, grave-laitier | 1.5 |
| Grave-bitume | 1.20-1.70 |
| Grave concassée ou gravier | 1.00 |
| Grave roulée, grave sableuse, TVO | 0.75 |

Pour obtenir l'épaisseur équivalente de la chaussée

Année de mise en service : TJMA2030 = v/J.

Pourcentage du poids lourd est Z= 10%

TPL2030= 1146 PL/j/voie la plus chargé

Année horizon 2045 : N2050= 1146(1+0,04)²⁰ = 2511 PL/j/sens.

P= 6.5 t.

CBR=9

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{cbr} + 5} = 43 \text{ cm}$$

Pour dimensionner la structure de chaussée, il faut résoudre l'équation :

$$E = a_1 * e_1 + a_2 * e_2 + a_3 * e_3.$$

Pour la résoudre, on fixe deux paramètres (épaisseurs) et on calcule le troisième.

Donc :

Couche de roulement en béton bitumineux (BB) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$.

Couche de base en grave bitume (GB) : $a_2 \times e_2 = 1.5 \times 11 = 16,5 \text{ cm}$.

Couche de base en grave bitume (GB) :

$E_3 = ?$ GB

Épaisseur : cm

On a choisi cette structure : 6 BB + 11GB + 10 GB

I.37 CONCLUSION :

La méthode retenue pour le projet est celle de catalogue Algérien CTTP, pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- En plus de cela cette méthode est une méthode algérienne établie et conçue par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.

I.38 Introduction :

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellement ; ce réseau pourra aller du simple fossé aux installations permettant même de traiter les eaux de la plateforme.

Une étude hydrologique et hydraulique s'avère donc nécessaire pour le dimensionnement adéquat des ouvrages d'assainissements relatifs à la route

Compte tenu de la pluviométrie de la région et les micro bassins versants qui existent et qui peut provoquer des écoulements importants

I.39 Etude hydrologique :

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

Cette étude est basée sur les données suivantes :

- Cartes topographiques à l'échelle de 1/20 000 pour la délimitation des bassins versants.
- Informations sur les données pluviométriques : courbe des isohyètes interannuelles, pluies maximales journalières et étude des intensités des averses régionales (intensité-durée -fréquence) ; séries historiques des débits maxima annuels des oueds limitrophes de la région d'étude permettant d'estimer les crues régionales ;
- Relevés des niveaux des hautes eaux et des caractéristiques des ouvrages existants ainsi qu'une appréciation des conditions de formation des crues et du coefficient de ruissellement permettant d'effectuer l'analyse de recoupement avec des résultats d'études analytiques des crues.

I.39.1 Délimitation des bassins versants :

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versants interceptés par la route.

Le bassin versant est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes 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).

Les bassins versants du projet sont illustré :

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

TABLEAU 24 CARACTERISTIQUES BASSINS VERSANTS

| N° BV | PK | S (km ²) | L (m) | H _{max} (m) | H _{min} (m) | H _{moy} (m) | PERI(Km) | PENTE (%) |
|-------------|--------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|-----------|
| BV1 | 00+600 | 0,3030484 2 | 867,73 | 270 | 216 | 243 | 3.07278 | 0,06223 |
| BV2 | 01+00 | 59,656651 | 1197,109 | 279 | 220 | 249,5 | 3.404107 | 0,049 |
| BV3 | 2+800 | 2,4850669 | 2496,035 | 310 | 257 | 283,5 | 6.15115 | 0,0212 |
| BV4 | 2+650 | 0,130652 | 614,95 | 263 | 213 | 238 | 1.58634 | 0,0813 |
| BV5 | 2+250 | 0,3596451 9 | 1257,03 | 334 | 253 | 293,5 | 2.73076 | 0,064 |
| BV6 | 3+270 | 1,5447592 | 3011,68 | 687 | 312 | 499,5 | 6.58980 | 0,124 |
| BV7 | 3+940 | 0,6132149 8 | 1804,57 | 537 | 390 | 463,5 | 4.25402 | 0,081 |
| BV8 | 4+480 | 0,4884362 1 | 1633,35 | 689 | 399 | 544 | 3.80109 | 0,177 |
| BV9 | 5+500 | 0,1992265 7 | 802,39 | 530 | 410 | 470 | 1.98172 | 0,149 |
| BV10 | 5+550 | 0,5127529 4 | 923,22 | 617 | 420 | 518,5 | 2.80551 | 0,213 |
| BV11 | 6+250 | 0,3042419 6 | 892,37 | 627 | 450 | 538,5 | 2.56207 | 0,198 |
| BV12 | 6+500 | 0,4257976 7 | 1146,38 | 638 | 430 | | 2.955037 | 0,181 |
| BV13 | 6+650 | 0,1160260 5 | 646,96 | 544 | 410 | 477 | 1.65232 | 0,207 |
| BV14 | 6+800 | 0,5127463 | 1259,87 | 622 | 415 | 518,5 | 3.21565 | 0,164 |
| BV15 | 7+200 | 0,0437618 7 | 1132,35 | 669 | 425 | 547 | 3.07278 | 0,215 |
| BV16 | 7+450 | 0,241596 | 1085,63 | 665 | 432 | 548 | 2,68 | 0,2146 |
| BV17 | 7+950 | 0,398018 | 1013,68 | 663 | 438 | 550 | 2,712 | 0,221 |
| BV18 | 8+150 | 0,406062 | 956,96 | 759 | 460 | 609 | 2,79 | 0,31 |

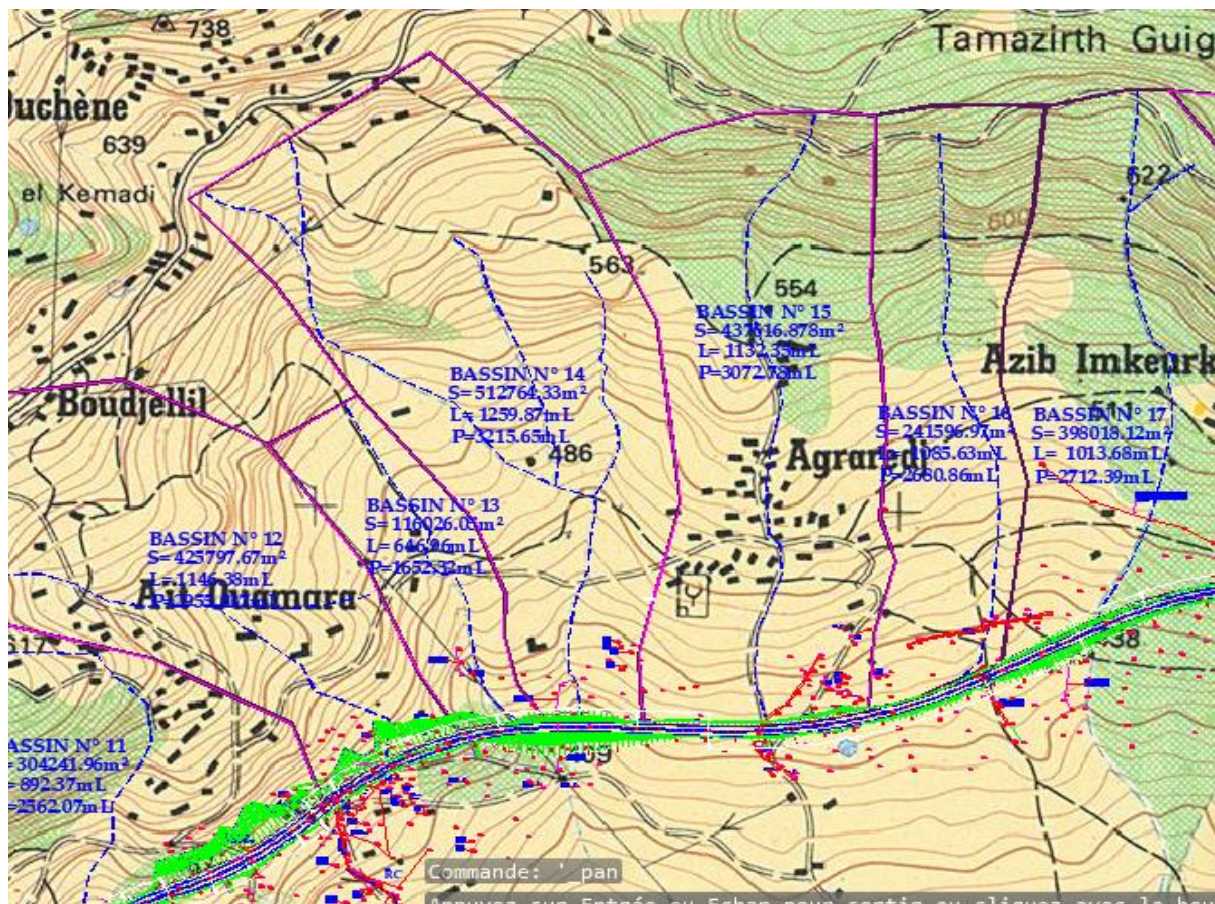


FIGURE 35 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT

I.39.2 Estimation de débits de crue :

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

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

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

I.39.2.1 Formule rationnelle :

Le débit est donné par la formule suivante :

$$Q_a = 0.278 C I A$$

Avec :

Q_a : Débit de crue de période de retour voulue (en m³ °)

I : intensité de pluie (en mm).

C : coefficient de ruissellement.

A : surface (Km²).

I.39.2.2 Période de retour :

C'est la fréquence probable d'apparition de la crue de projet, cette notion est utilisée dans le calcul de débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (fossés, buses dalots, ouvrage d'art). L'estimation de cette période est conditionnée par le domaine d'application et l'importance de l'ouvrage à concevoir. On se propose de retenir les périodes de retour de conception suivantes :

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

I.39.2.3 Temps de concentration :

Le calcul des débits de projet requiert l'évaluation du temps de concentration du bassin versant (T_c) soit le temps le plus long que met une goutte d'eau du bassin versant pour atteindre l'exutoire. Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme Ventura, Passini, Giandotti, chacune ayant son propre domaine de validité d'application

- **Méthode de Ventura** : (S inférieur à 5 km²) :

$$T_c = 0.127 \sqrt{A / P}$$

Où : T_c : temps de concentration (h) ;

A : surface (Km²).

P: pente moyenne du BV (m/m).

- **Méthode de Passini** : (compris entre 5 km² et 25 Km²) :

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{P}}$$

Où : T_c : temps de concentration (h).

A : surface (Km²).

L : longueur du bassin (km).

P : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).

- **Méthode de Giandotti** : (S compris entre 25 km² et 400 Km²) :

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec : **Tc** : temps de concentration (h).

S : surface (Km²).

L : longueur du bassin (km)

H : Différence entre l'altitude.

Hmin : altitude minimale,

Hmoy = altitude moyenne.

I.39.2.4 Intensité de la pluie :

Elle est calculée par la formule :

$$I(t, T) = a(T)/t^b$$

Avec :

I(t, T) : Intensité de pluie en mm/h.

b: Exposant climatique, b=0

a(T): Coefficient de Montana tirée à partir des graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence).

Ces valeurs sont données dans le tableau

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| T(ans) | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| A | 15,2 | 20,7 | 24,4 | 27,9 | 32,5 | 35,9 |

TABLEAU 25 INTENSITE DE PLUIE

| | T_C | I₁₀ | I₅₀ | I₁₀₀ |
|-------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| BV1 | 0,254 | 68 | 90 | 100 |
| BV2 | 0,439 | 45 | 60 | 66 |
| BV3 | 1,37 | 19,26 | 25,66 | 28,35 |
| BV4 | 0,127 | 114 | 152 | 168 |
| BV5 | 0,283 | 62 | 83 | 92 |
| BV6 | 0,439 | 45 | 60 | 66 |
| BV7 | 0,336 | 55 | 73 | 81 |
| BV8 | 0,179 | 88 | 118 | 130 |
| BV9 | 0,127 | 114 | 152 | 168 |
| BV10 | 0,17 | 92 | 122 | 135 |
| BV11 | 0,127 | 114 | 152 | 168 |
| BV12 | 0,179 | 88 | 118 | 130 |
| BV13 | 0,05 | 230 | 307 | 339 |
| BV14 | 0,219 | 76 | 101 | 112 |
| BV15 | 0,05 | 230 | 307 | 339 |
| BV16 | 0,135 | 93,24 | 146,39 | 161,20 |
| BV17 | 0,17 | 78,20 | 122,78 | 138,07 |
| BV18 | 0,145 | 90 | 152,76 | 152,83 |

I.39.2.5 Ruissellement :

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

| Couverture végétale | Morphologie | Pente % | Terrain sable grossier | Terrain limoneux | Terrain argileux |
|---------------------|-----------------------------------|-------------|------------------------|------------------|------------------|
| Bois | presque plat ondulé montagneux | p < 5 | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | | 5 ≤ p < 10 | 0,25 | 0,35 | 0,50 |
| | | 10 ≤ p < 30 | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| Pâturage | presque plat ondulé montagneux | p < 5 | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | | 5 ≤ p < 10 | 0,15 | 0,36 | 0,55 |
| | | 10 ≤ p < 30 | 0,22 | 0,42 | 0,60 |
| Culture | presque plat ondulé montagneux | p < 5 | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| | | 5 ≤ p < 10 | 0,40 | 0,60 | 0,70 |
| | | 10 ≤ p < 30 | 0,52 | 0,72 | 0,82 |

FIGURE 36 VALEURS DU COEFFICIENTS DU RUISSELLEMENT

I.39.2.6 Présentation de résultats :

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

TABLEAU 26 LES DEBITS

| | C | Q ₁₀ (m ³ /s) | Q ₅₀ (m ³ /s) | Q ₁₀₀ (m ³ /s) |
|-------------|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| BV1 | 0,5 | 2,86 | 3,79 | 4,21 |
| BV2 | 0,5 | 36.193 | 111,72 | 144,77 |
| BV3 | 0,5 | 6,65 | 8,86 | 9,45 |
| BV4 | 0,5 | 2,07 | 2,76 | 3,05 |
| BV5 | 0,6 | 3,71 | 4,97 | 5,51 |
| BV6 | 0,6 | 11,59 | 15,45 | 17,01 |
| BV7 | 0,5 | 4,68 | 6,22 | 6,904 |
| BV8 | 0,6 | 7,16 | 9,61 | 10,59 |
| BV9 | 0,6 | 3,78 | 5,05 | 5,58 |
| BV10 | 0,6 | 7,86 | 10,43 | 11,54 |
| BV11 | 0,6 | 5,78 | 7,71 | 8,52 |
| BV12 | 0,6 | 6,25 | 8,38 | 9,23 |
| BV13 | 0,6 | 4,45 | 5,94 | 6,56 |

| | | | | |
|-------------|------------|--------|---------|----------|
| BV14 | 0,6 | 6,49 | 8,63 | 9,57 |
| BV15 | 0,6 | 1,67 | 2,24 | 2,47 |
| BV16 | 0,6 | 3,75 | 5,899 | 6,496 |
| BV17 | 0,6 | 5,1916 | 8,1512 | 9,1663 |
| BV18 | 0,6 | 6,0958 | 10,3466 | 10, 3513 |

I.39.2.7 Interprétation des résultats :

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

I.39.3 Etude hydraulique :

L'étude hydraulique routière permet, sur la base des résultats de l'étude hydrologique, de dimensionner les ouvrages pour le rétablissement des écoulements naturels, c'est à-dire ceux qui sont susceptibles d'être rompus par le projet routier. L'étude hydraulique consiste à implanter les ouvrages hydrauliques là où la route croise des cours d'eau ou lorsque c'est nécessaire ; Ils sont dimensionnés de telle sorte que la crue considérée puisse les franchir sans entraîner de remous incontrôlable à l'amont.

Trois types d'ouvrages hydrauliques (OH) courants sont utilisés :

- Buses : conduites circulaires en béton armé.
- Dalots : ouvrages en béton armé de section carrée ou rectangulaire.
- Pont.

I.39.3.1 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

I.39.3.2 BUSES :

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

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

Avec :

S_m : Section mouillée

R_h : Rayon hydraulique

j : La pente de pose de la buse égale à : $j = \frac{\text{Zamont-Zaval}}{\text{longueur}}$

K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 80 (pour les buses préfabriquées en béton).

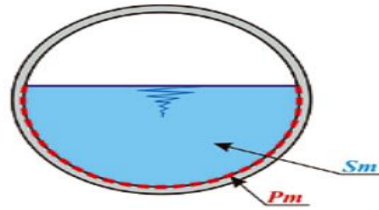


FIGURE 37 BUSE

On remplace : $S_m = \pi \cdot R^2$ et $R_h = R/2$

Et on applique l'égalité : $Q_a = Q_s$

On trouve

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

I.39.3.2.1 Condition d'auto

curage :

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

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

Avec :

Q_{ps} : Débit pleine section. Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de R (de préférence on choisit un diamètre commercialisé selon la disponibilité dans le marché)

I.39.3.3 DALOTS :

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

$$Hr = 0.8H.$$

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

Avec :

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

Alors :

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

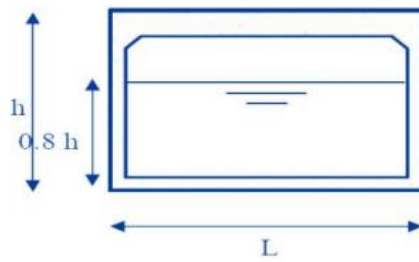


FIGURE 38 DALOT

I.39.4 Application au projet :

Exemple de calcul cas d'une buse :

On prend le cas du BV01 : PK 0+600

On a: $K_s=70$. $C=0,5$

$A= 0,303 \text{ km}^2$ $P=0,0622 \text{ m/m}$.

$Q= K.C.I.A = 0.278*0,5 *30,3*90=4,21 \text{ m}^3 /\text{s}$.

D'après la formule de **MANNING STICKLER** :

$i= 1\%$

$$D = 2 * \left(4,21 \times \frac{2^{2/3}}{\pi * k * s * I^{1/0,5}} \right)^{3/8} = 1280 \text{ mm}$$

Donc on prend une buse de 1500 ϕ .

TABLEAU 27 DIMENSIONS DES BUSES

| BV | PK | Q(m ³ /s) | pente | D _{calc} | Ømm |
|------|-------|----------------------|-------|-------------------|------|
| BV1 | 0+600 | 4,212 | 0,01 | 1,280 | 1500 |
| BV3 | 2+800 | 2,348 | 0,01 | 1,028 | 1200 |
| BV4 | 2+250 | 3,050 | 0,01 | 1,134 | 1200 |
| BV5 | 2+650 | 5,5189 | 0,01 | 1,417 | 1500 |
| BV7 | 3+940 | 6,904 | 0,01 | 1,5 | 1500 |
| BV9 | 5+050 | 5,582 | 0,01 | 1,423 | 1500 |
| BV11 | 6+250 | 11,54 | 0,01 | 1,867 | 2000 |
| BV12 | 6+500 | 9,23 | 0,01 | 1,717 | 2000 |
| BV13 | 6+650 | 6,5607 | 0,01 | 1,512 | 2000 |
| BV15 | 7+200 | 2,474 | 0,01 | 1,048 | 1200 |
| BV16 | 7+450 | 6,496 | 0,01 | 1,500 | 1500 |

| Q/Qps | V/Vps | Vps(m/s) | V(m/s) | Q/Qps | Vps | V/Vps | V(m/s) |
|-------|-------|----------|--------|-------|------|-------|--------|
| 0,1 | 0,64 | 3,62 | 2,32 | 0,01 | 3,23 | 0,32 | 1,15 |

I.39.4.1 Cas d'un dalot :

La surface mouillée : $0,8h \times b$

La surface mouillée : $1,6 h \times b$

Le rayon hydraulique : $R_h = 0,8 h \times \frac{b}{1,6h+b}$

$$Q_a = Q_s = K \cdot I^{0,5} \cdot R^{2/3} \cdot S_m$$

On fixe $b = 2$ et on cherche la valeur de h

Pour les dalots :

Pour BV 18 :

$$Q_{ps} = 10,35 \text{ m}^3/\text{s} \quad S_m = 4,464 \text{ m}^2$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = 2,32 \text{ m/s} \quad \frac{V}{V_{ps}} = 0,8 > 0,6 \text{ (vérifié)}$$

TABLEAU 28 DIMENSIONS DALOTS

| Q/Qps | V/Vps | Vps(m/s) | V(m/s) | Q/Qps | V/Vps | Vps(m/s) | V(m/s) |
|-------|-------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|
| 0,1 | 0,64 | 5,33 | 3,41 | 0,01 | 0,32 | 5,33 | 1,7 |
| 0,1 | 0,64 | 5,33 | 3,41 | 0,01 | 0,32 | 5,33 | 1,7 |
| 0,1 | 0,64 | 4,97 | 3,18 | 0,01 | 0,32 | 4,9 | 1,59 |
| 0,1 | 0,64 | 4,9 | 3,18 | 0,01 | 0,32 | 4,9 | 1,5 |
| 0,1 | 0,64 | 4,9 | 3,18 | 0,01 | 0,32 | 4,9 | 1,5 |
| 0,1 | 0,64 | 6,3 | 4,04 | 0,01 | 0,32 | 6,3 | 2,0 |

D'après les résultats du tableau on remarque que les conditions d'auto curage sont tous vérifiés

I.39.5 Dimensionnement du réseau d'assainissement :

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

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

Les ouvrages d'assainissement transversaux : constitue le réseau de localisation et de dimensionnement des ouvrages (dalots et des buses) calculés dans la partie étude hydraulique.

Le réseau d'assainissement longitudinal : composé principalement par des fossés implantés aux limites de l'emprise de la rocade, que ce soit dans les talus de déblai ou de remblai.

Les ouvrages de raccordement : dispositifs de drainage ponctuels assurant le raccordement des eaux entre les réseaux du drainage longitudinal et les ouvrages transversaux.

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

I.39.6 Dimensionnement des fossés :

Pour le Dimensionnement des fossés on a proposé des fossés de forme trapézoïdale en béton armé, avec une période de retour égale à 10 ans.

I.39.6.1 Calcul de débit d'apport

$$Q_a : Q_a = Q_C + Q_B + Q_T$$

Avec :

Q_C : Débit rapporté par la chaussée.

Q_B : Débit rapporté par la berme.

Q_T : Débit rapporté par le talus.

Le calcul de ces débits se fait par la méthode rationnelle dont la formule s'écrit :

$$Q_a = 0.278 C I A$$

I.39.6.2 Calcul du débit de saturation Q_s :

$$Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot S \cdot R H^{2/3}$$

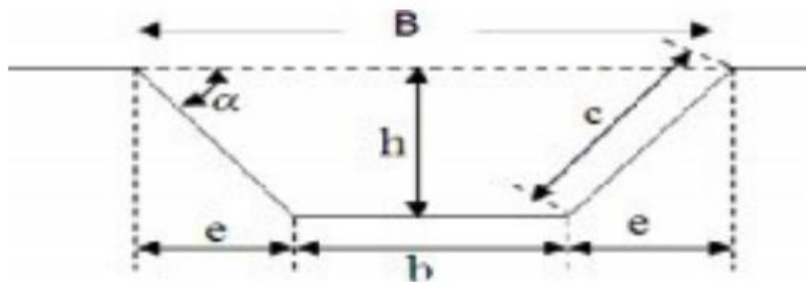


FIGURE 39 LA FOSSEE

Avec :

La section mouillée :

$$S_m = bh + 2 \left(\frac{eh}{2} \right) \text{ avec: } \frac{1}{\tan \alpha} = m$$

d'où : $e = m \cdot h$

$$S_m = bh + mh^2 \Rightarrow S_m = h(b + mh)$$

Le périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2.B$$

$$\text{avec: } \sqrt{\sqrt{(h^2 + e^2)}} = \sqrt{(h^2 + hm^2)} = h \sqrt{1 + m^2}$$

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

Le Rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{Sm}{P_m}$$

On applique l'égalité : $Q_a = Q_s$

I.39.7 Application au projet :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante de déblai $h = 6m$, qui s'étend sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai

TABLEAU 29 CARACTERISTIQUES DES SOUS BASSINS VERSANTS

| Surface BV | largeur | pente | Surface(m ²) |
|------------------|---------|-------|--------------------------|
| Chaussée+BAU+BDG | 10,5 | 2,5 | 2183,58 |
| berme | 1 | 8 | 207,96 |
| Talus de déblai | 31,69 | 66,67 | 6590,25 |

I.39.7.1 Temps de concentration :

Les surfaces des bassins versant sont inférieures à 5 Km² donc on utilise la formule de Ventura :

$$t_c = 0.127\sqrt{\frac{S}{P}}$$

I.39.7.2 Intensité de pluie :

Elle est calculée par la formule : $I(t, T) = a(T)/t^b$

Avec :

$$b = 0.75.$$

$a(T)$: Coefficient de Montana : $a(T) = 24.4$

I.39.7.3 Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale.

TABLEAU 30 COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT

| Type de chaussée | Valeur de C | Valeur prise |
|--------------------------------|-------------|--------------|
| Chaussés revêtement en enrobés | 0,8 a 0,95 | 0,95 |
| accotement | 0,1 a 0,4 | 0,4 |
| talus | 0,1 a 0,3 | 0,3 |

I.39.7.4 Calcul de débit d'apport Q_a :

On utilise la méthode rationnelle on trouve :

TABLEAU 31 LE DEBIT EQUIVALENT DES BASSINS VERSANTS

| SBV | A(km ²) | C | Pente (%) | T _c (h) | I(mm /h) | Q(m ³ /s) |
|------------------|------------------------|------|-----------|--------------------|----------|----------------------|
| Chaussée+BAU+BDG | 2,18×10 ⁻³ | 0,95 | 2,5 | 0,0287 | 349 | 0,258 |
| Berme | 2,079×10 ⁻⁴ | 0,4 | 8 | 0,0204 | 452 | 0,010 |
| Talus de déblai | 6,590×10 ⁻⁴ | 0,3 | 66,67 | 0,0126 | 648 | 0,035 |
| Débit totale | | | | | | 0,303 |

On pose :

b=0.5m et pour un angle 45° donc : m=1 Pour la pente hydraulique du fossé « I »,

on a : I= 1.06 %.

Kst: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \left(\frac{h(b + mh) b}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \right)^{1/2} \cdot h(b + mh)$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $h = 0.316$ m. Pour des raisons de sécurité et d'exécution sur chantier, nous optons pour un fossé standard : ($b = 50$ cm, $h = 50$ cm)

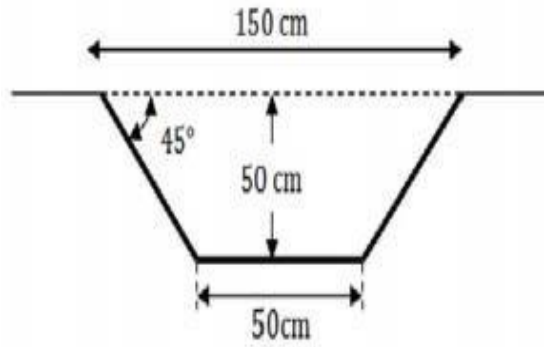


FIGURE 40 DIMENSION DE LA FOSSEE

I.40 introduction :

L'homme de par sa nature a toujours cherché à se simplifier sa vie ou à rechercher des solutions aux problématiques auxquels il fait face. Dans le domaine routier, domaine s'occupant du transport et de l'évacuation des personnes et marchandises de tout ordre, l'homme a inventé plusieurs moyens pour résoudre les problèmes de déplacement. Donc, pour faciliter la circulation, éviter les collisions et congestions aux carrefours situés dans le même plan, il a été créé les échangeurs autoroutiers. Ces derniers avec leurs formes architecturales souvent spectaculaires, jouent des rôles non moins importants dans les trafics routiers. Le but de cette partie est de mieux saisir cet élément de la route qui permet chaque jour le déplacement des millions d'usagers de par le monde.

I.41 Description d'un échangeur :

Un échangeur est un croisement dénivelé sur lequel les transferts de trafic sont séparés les uns des autres. Il permet de s'engager sur une voie rapide ou sur une autoroute en prévenance d'une route ordinaire ou une autre autoroute.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. On distingue les bifurcations ou nœuds qui assurent les liaisons entre autoroutes et les diffuseurs qui relient celles-ci à des voiries ordinaires. On distingue aussi les branches, présentes sur les nœuds, et les bretelles présentes sur les diffuseurs.

Un échangeur autoroutier est donc un dispositif de raccordement entre plusieurs routes et autoroutes sans croisement à niveau.

I.41.1 Le rôle d'un échangeur :

Un échangeur permet l'échange entre deux routes, dans des conditions de circulation libres et sécuritaires, sans qu'elles se croisent en plan, ce qui limite le ralentissement dans les routes à grand niveau de trafic. Ils présentent des ouvrages d'art modernes qui riment parfaitement avec leurs environnements d'implantation, en offrant un meilleur cadre de vie aux citoyens et des meilleures conditions de conduite aux usagers de la route. Les échangeurs sont parmi les facteurs de développement économique et urbain.

I.41.2 Type des échangeurs :

Pour réussir le choix du type de l'échangeur, il faut tout d'abord savoir la nature des routes qui se croisent. On distingue les diffuseurs, un système de bretelles routières, qui relient les autoroutes à des voies ordinaires, et les nœuds à trois ou quatre branches qui relient des autoroutes.

Sur ce, on trouve plusieurs types d'échangeurs :

I.41.2.1 Echangeurs en trèfles :

ils sont souvent utilisés en Allemagne et aux Etats unis depuis 1930.

Ils se composent généralement de deux niveaux, ils sont adaptés aux grands flux de trafic et ils demandent une grande emprise de sol.

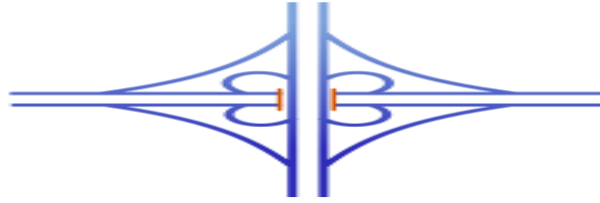


FIGURE XLI ECHANGEUR EN TREFLE

I.41.2.2 Echangeurs en turbine :

Ils occupent la même emprise de sol que les échangeurs en trèfles mais ils sont caractérisés par des rayons plus grands ce qui améliorent le confort des conducteurs et augmentent leur sécurité. On distingue trois exemples courants de ce genre d'échangeurs : échangeurs en turbine complète, échangeurs en turbine annulaire et en turbine simplifiée

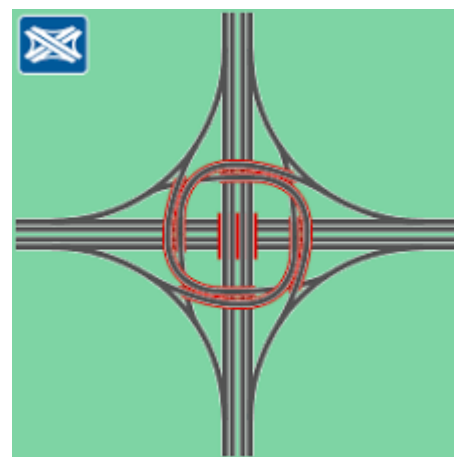
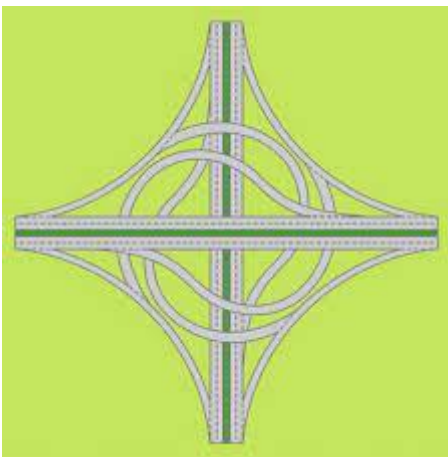


FIGURE 42 ECHANGEUR EN TURBINE

I.41.2.3 Echangeurs Turcot :

Ils se composent de trois niveaux, apparus en 1966 à Québec et ils sont nommés en l'honneur du marchand Philippe Turcot (1791-1861).



FIGURE 43 ECHANGEUR TURCOT

I.41.2.4 Echangeurs à 4 niveaux :

Ils sont construits, comme leur nom l'indique, sur quatre niveaux : deux niveaux sont dédiés aux croisements des axes autoroutiers et deux autres, généralement situés au-dessus des deux premiers, sont utilisés par les bretelles entre autoroutes. Certains échangeurs aux États-Unis, de par l'empilement des niveaux, atteignent ainsi les 25 mètres de hauteur.

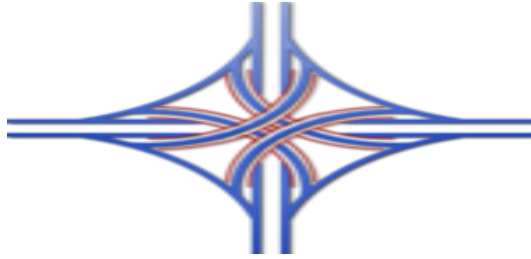


FIGURE 44 ECHANGEUR A 4 NIVEAU

I.41.2.5 **Echangeur trompette :**

C'est un diffuseur correspondant au raccordement de deux voies (la voie rapide, une autre voie)



FIGURE 45 ECHANGEUR TROMPETTE

I.41.2.6 **Echangeurs à 5 niveaux :**

Ils sont construits sur cinq niveaux, le plus célèbre est «High five Interchange » à Dallas



FIGURE 46 ECHANGEUR A 5 NIVEAUX

I.41.3 **Critères de conception d'un échangeur :**

Le principal objectif d'un échangeur est de servir aux intérêts des usagers. Donc lors de sa conception, on tient compte des paramètres tels que :

- La sécurité
- La classification des routes qui se croisent
- La vitesse de base
- Le débit et la composition du trafic

- Le nombre de branches de l'échangeur
- Les dispositifs de régulation de la circulation
- Le relief
- Les besoins d'emprise et de terrain
- Les aspects liés aux réseaux et la cohérence de l'aménagement
- L'environnement
- Les aspects économiques.

Ces éléments favorisent la compréhension des concepteurs et celle des conducteurs qui empruntent ces ouvrages. Pour s'assurer du bon fonctionnement de la route lors de la conception, il faut donc considérer l'autoroute et les échangeurs comme un seul système. La construction d'un échangeur est une solution intéressante à de nombreux problèmes liés aux carrefours plans

I.41.4 Eléments qui constituent un échangeur :

Comme déjà mentionnée, les échangeurs sont souvent composés d'un ouvrage d'art de franchissement (les ponts) et des bretelles qui relie l'échangeur à une autoroute ou à une route de réseau ordinaire.

I.41.4.1 Bretelles :

Une bretelle d'échangeur est une chaussée de raccordement à sens unique ou à deux sens qui relie deux routes. Elle est composée d'un raccordement de sortie et un raccordement d'entrée. Les bretelles assurent l'écoulement de la circulation soit en direction ou en provenance d'une autoroute. Sa configuration est déterminée lors du choix du type d'échangeur et ses caractéristiques géométriques définis selon plusieurs critères :

- Débit et composition de la circulation
- Caractéristiques géométriques et d'exploitation des routes adjacentes
- Relief
- Dispositifs de régulation de la circulation
- Sécurité et confort des usagers



FIGURE 47 TYPE DE BRETELLE

I.41.4.2 **Ouvrages d'art de franchissement :**

Pour franchir l'autoroute, les ouvrages peuvent être des passages supérieurs ou inférieurs. Le franchissement en passage inférieur est plus compliqué lorsqu'il s'agit d'une autoroute déjà construite.



FIGURE 48 PASSAGE INFÉRIEUR



FIGURE 49 PASSAGE SUPÉRIEUR

D'une façon générale les ponts, sont des ouvrages en élévation, permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle ou une voie de circulation, Mais particulièrement, au cas des échangeurs, c'est un ouvrage permettant à une autoroute de franchir l'autre en deçà. Ils sont souvent constitués de piles, des piles culées, des poutres multiples ou d'une dalle, des gardes corps et des appareils d'appui etc.

I.41.4.3 **Carrefour plan :**

On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routiers ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort

I.41.5 Choix de type de l'échangeur :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « Avantages, Inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui se présente. Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

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.

2ème Etape : Configuration du tracé à adopter : L'échangeur à adopté 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 da le suivant :

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

3émé Etape : Analyse : C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

I.42 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à 1 voie.

I.42.1 Tracé en plan :

I.42.1.1 Vitesses conventionnelles dans les rayons

La valeur de la vitesse est en fonction du rayon (R), du dévers associé à la courbe (d) et d'une mobilisation du coefficient de frottement transversal correspondant au seuil de sécurité (Cfts).

$$R=V^2 / g (Cfts+d)$$

I.42.1.2 Valeur limites des rayons :

Les valeurs limites des rayons sont représentées dans le tableau suivants :

TABLEAU 32 VALEURS LIMITE DES RAYONS

| | Rayon minimal au dévers normal Rdn | Rayon minimal Rm déversé à 7% |
|---|------------------------------------|--|
| Bretelle à 1 voie circulable à 70km/h ou moins. | 300m | 40 (avec 100m minimum pour le 1er rencontré hors sortie en boucle) |

I.42.1.3 Enchaînement des éléments du tracé en plan :

a/les branches doivent respecter les règles suivantes:

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 1.5 R2$ où $R1$ et $R2$ notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R2 \geq 1.5 Rdn$.
- Deux courbes successives de rayon inférieur à $1.5 Rdn$ doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 100m, sauf pour 2 courbes de sens contraires introduites par des raccordements progressifs

b/Les bretelles doivent respecter les règles suivantes :

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$ ou $R1$ et $R2$ notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R1 > 1.5 Rdn$
- Deux courbes successives de même sens et de rayons inférieurs à Rdn doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 60m hors clothoïdes, sauf si $R1 < R2$

I.42.1.4 Raccordement Progressif :

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5 Rdn$ est encadrée par deux arcs de clothoïde. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rdn dans les bretelles.

- Pour les bretelles ou branches à une voie, à la plus grande des 2 valeurs : $6R0.4$ et $7(\Delta d)$ (la différence des pentes transversales%).
- Pour les bretelles ou branches à deux voies, à la plus grande des 2 valeurs : $R/9$ et $14(\Delta d)$.

I.42.1.5 La zone de décélération :

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse conventionnelle de 70km/h au niveau de point S 1.00m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontre, avec une décélération en palier de $1.5 m/s^2$.

L_{min} est donnée par :
$$Ld = (V_s^2 - V_r^2) / 2(1.5 + 10p).$$

Avec :

p : déclivités en valeur algébrique.

V_s : (m/s) la vitesse conventionnelle au point S 1.00m.

V_r : (m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval.

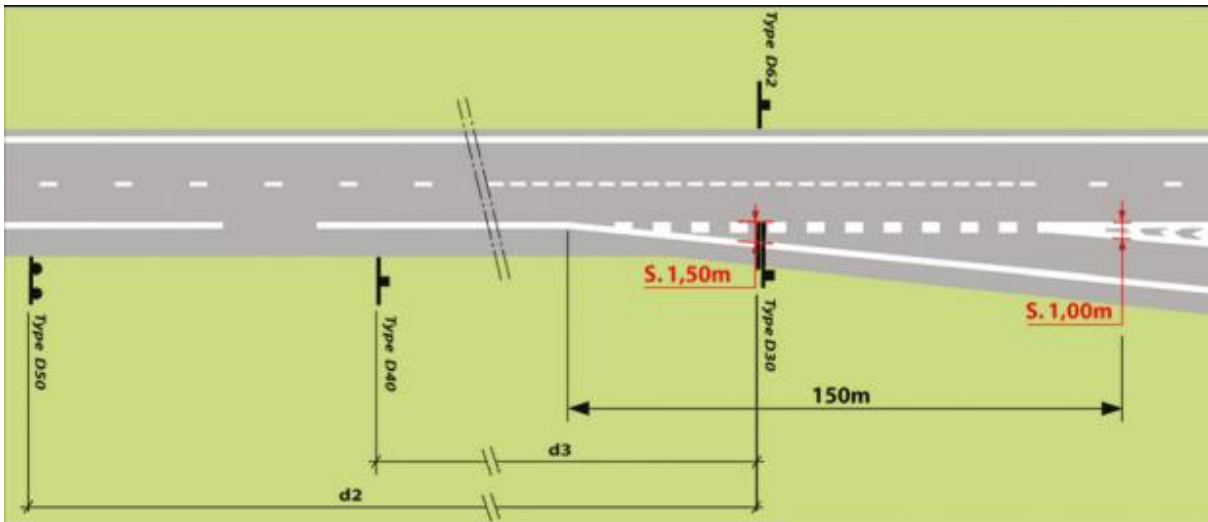


FIGURE 50 DISPOSITIF DE SORTIE PAR DEBOITEMENT

I.42.1.6 La zone d'accélération :

Doit permettre à l'utilisateur de passer à la vitesse associée au rayon de la dernière courbe parcourue, à une vitesse conventionnelle de 55km/h au niveau du point E.1.00m, avec une accélération du palier de 1m/s².

L_{min} est donnée par :

$$L_a = (V_e^2 - V_r^2) / 2(1 - 10p).$$

Avec :

p : déclivités en valeur algébrique.

V_e : (m/s) la vitesse conventionnelle au point E.1.00m.

V_r : (m/s) la vitesse initiale dépendant du rayon de la courbe amont.

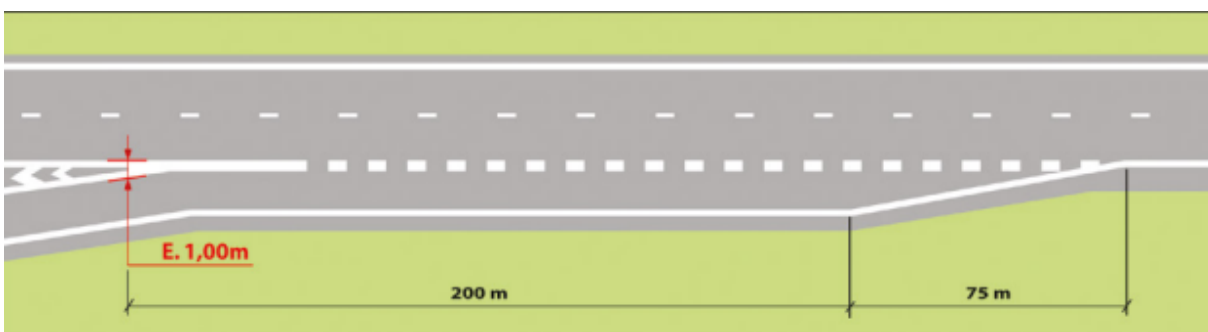


FIGURE 51 DISPOSITIF D'ENTRE EN INSERTION

I.42.2 Profil en long :

Les valeurs limites du profil en long sont données dans le tableau :

TABLEAU 33 VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG

| R_{min} en angle saillant | R_{min} en angle rentrant | Déclivité max |
|--|--|----------------------|
| 1500 | 800 | 6% |

I.42.3 Le profil en travers :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée ou une bande d'arrêt d'urgence et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement si ce dernier est non agressif (pente transversale < 25%)

TABLEAU 34 BRETELLE UNIDIRECTIONNELLE A UNE VOIE

| berme | BDG | chaussée | BDD | berme |
|--------------|------------|-----------------|------------|--------------|
| 1m | 0,5m | 3,5 | 1m | 1m |

I.42.4 Application au projet :

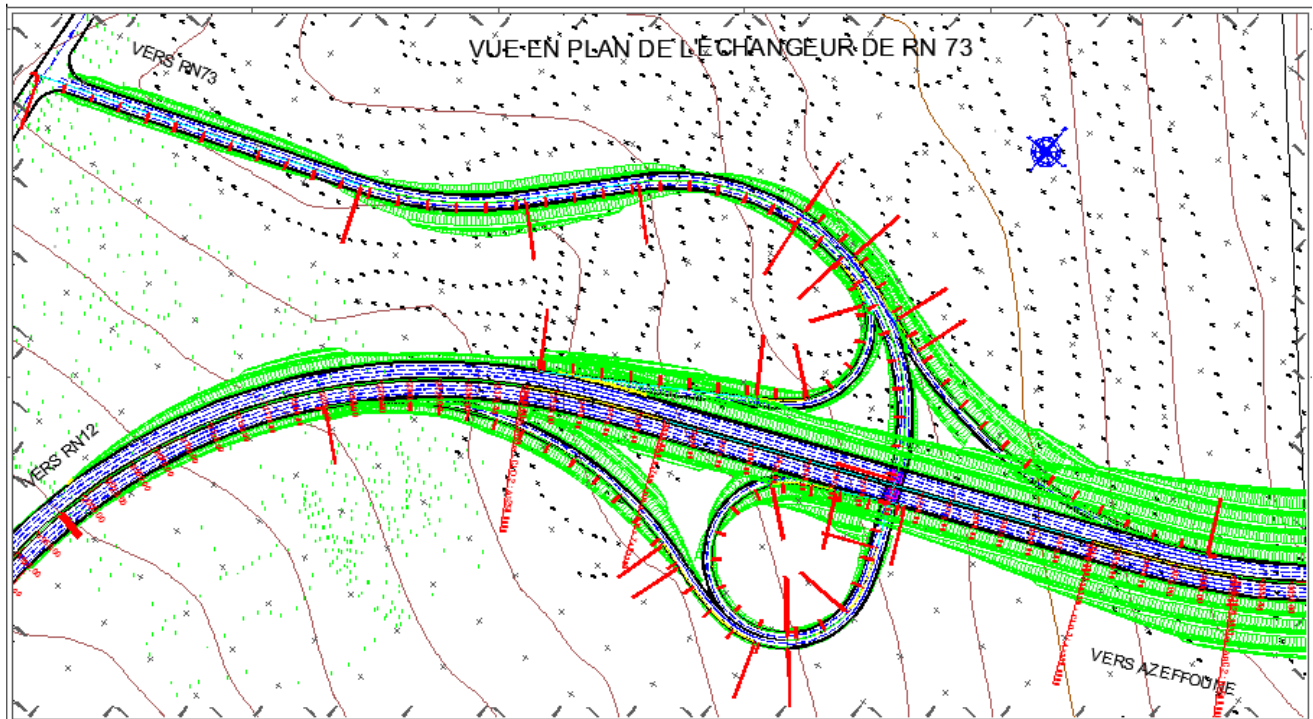


FIGURE 52 VUE EN PLAN ECHANGEUR

I.43 Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : Pont-route, Pont-rail, Pont canal.

I.44 Choix des types d'ouvrage

Le but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions (économique et technique). Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- La nature du sol.
- Le gabarit à respecter.
- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- Position possible des appuis.

I.44.1 Gabarit à traverser :

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 **6.2 m**

I.44.2 Présentation des ouvrages :

TABLEAU 35 PRESENTATION DES OUVRAGES

| Type de l'ouvrage | PK des ouvrages | Typologie | Longueur de l'ouvrage | gabarit |
|-------------------|-----------------|----------------|-----------------------|---------|
| Viaduc01 | 1+000 | Pont à poutres | 500 | 5,25 |
| Viaduc02 | 6+450 | Pont à poutres | 100 | 5,25 |
| PONT | 2+725 | Pont à poutres | 40m | 5,25 |

I.45 Introduction :

L'étude d'impact permet d'apprécier les effets naturel et humain. Elle s'inscrit dans l'enquête publique du projet. Sa réalisation et son contenu sont imposés par le code de l'environnement. En application des dispositions du **décret exécutif n° 18-255 du 29 Moharram 1440** correspondant au 9 octobre 2018 modifiant et complétant le décret exécutif n° **07-145 du 2 Joumada El Oula 1428** correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement est le suivant :

- La délimitation de la zone d'étude en fonction des limites définies par le rayon d'affichage.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement, conformément aux dispositions du décret exécutif n° **07-144 du 2 Joumada El Oula 1428** correspondant au 19 mai 2007, susvisé, pour les installations classées, et sur un rayon ne dépassant pas trois (3) Km pour les projets cités en annexes du présent décret.
- La description détaillée des différentes phases du projet, notamment la phase de construction et la phase d'exploitation.
- L'estimation des catégories et des quantités de résidus, d'émissions et de nuisances susceptibles d'être générés lors des différentes phases de réalisation et d'exploitation du projet.
- L'évaluation des impacts prévisibles directs et indirects, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.
- Les mesures envisagées pour supprimer, réduire et si possible, compenser les conséquences dommageables.
- Les incidences financières allouées aux mesures préconisées

I.46 Impact de route sur l'environnement :

La particularité de la route est son caractère linéaire et son impact sur des milieux de natures totalement différentes. On peut les inventorier avec un minimum de bon sens. Le domaine foncier pris au sens large est le premier impacté. La route interagit avec les zones urbaines, qu'elle la traverse, où qu'elle la desserve.

Elle impacte l'environnement, au sens étymologique, donc des écosystèmes définis par leurs composants : eau, air, faune, flore, sol et sous-sol. Les exigences sociales ont peu à peu forgé des outils législatifs et réglementaires qui encadrent ces domaines. La route touche aussi les zones urbaines

I.47 Description état initial de la zone étudié :

L'analyse de l'état initial est une phase indispensable et déterminante pour la qualité et l'utilité de l'étude d'impact. En effet, avant la mise en place du projet, il est nécessaire d'étudier les différentes composantes du milieu pouvant être affectées par le projet. Cette phase est la base des prévisions des impacts mais n'est jamais une fin en soi. Elle doit répondre à des critères de pertinence vis à vis du problème posé et non d'exhaustivité.

L'étude d'impact d'un projet autoroutier nécessite une bonne analyse de l'état initial du site et de son environnement.

I.47.1 Description du milieu physique :

I.47.1.1 Données météorologiques :

- La zone d'étude appartient à la zone climatique A (caractérisée par un climat tempéré Subhumide).
- La température moyenne annuelle à Alger Centre est de 14.4°C.
- Les précipitations annuelles moyennes sont de 1078.4 mm.
- La zone d'étude est traversée généralement par des vents faibles à modérés pendant toute l'année.

I.47.1.2 Hydrographie :

La wilaya de Tizi Ouzou possède un réseau hydrographique riche avec beaucoup de cours d'eau dont : oued Sebou, oued aissi, oued rabta, l3insser, assif, assif Amokrane, oued mechtras

I.47.1.3 Description du milieu biologique :

I.47.1.3.1 Flore :

La région d'étude présente une grande diversité biologique dans sa flore, L'essentiel du paysage végétal de la région est constitué par des formations végétales issues essentiellement des peuplements naturels et spontanés, On y trouve notamment et d'une façon abondante (le Pin d'Alep, Pin Pignon, Pin des Canaries Eucalyptus, cyprès, Oléastre)



FIGURE 53 PIN D'ALEP ET EUCALYPTUS

I.47.1.3.2 Faune :

La faune locale qui est constituée d'espèces domestiques telles moutons, chèvres, reconnues suite à l'identification des traces et excréments trouvés aux alentours du site. De même qu'ont été observées des espèces ornithologiques et une grande variété de petit gibier : sanglier, chacal, renard, belette, lièvre, hérisson



FIGURE 54 RENARD ET CHERVRE

I.47.1.4 Environnement socio-économique

I.47.1.4.1 Population et Habitat :

Dans notre tronçon, la densité de milieu bâti est faible, il se trouve quelque habitations

I.47.1.4.2 Agriculture :

Notre zone d'étude repose sur une superficie agricole très importante

I.47.1.5 Identification des impacts sur le projet :

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

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

La construction de notre autoroute sera effectuée en zone agricole, en traversant des oueds, des routes, et quelque habitat isolé. Donc elle aura des impacts tant sur le milieu humain que sur le milieu biologique, et au moment de la construction ou de l'exploitation.

I.47.1.6 Impact pendant la période de construction :

La plupart des impacts peuvent apparaître pendant la période de chantier puisqu'ils sont liés directement à l'aménagement du site, nous citons :

- ❖ Impact dû à la perturbation de circulation : le transport des équipements risque de perturber le trafic routier et provoquer des accidents, ces équipements peuvent aussi provoquer des nuisances sonores ainsi une pollution atmosphérique.
- ❖ Impact lié à l'installation de chantier et de base de vie : cette opération influe directement sur l'environnement car elle provoque des perturbations au niveau des sources d'eau, des terrains ; la production des déchets....
- ❖ Impact lié aux travaux d'aménagement de site : comme l'ouverture des pistes d'accès au chantier, les zones de stockage des déblais....
- ❖ Impact dû à l'accroissement du bruit : les vibrations dues aux machines et équipements lourds et légers, ainsi que l'augmentation du trafic émis des bruits, mais leurs impacts ne sont pas importants à cause de l'éloignement des habitats de notre tracé.
- ❖ Impact des travaux sur le paysage : les travaux de chantier provoquent une modification de la vue actuelle de site, suite à l'installation des bases de vie, l'enlèvement de couvert végétal, les travaux de terrassements, la construction de l'échangeur...etc.
- ❖ Peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines.
- ❖ Impact sur l'agriculture : Notre projet est implanté sur un site agricole, qui présente une activité économique très importante pour la région, ou on prévoit :
 - La modification du régime agricole,
 - Les coupures des parcelles agricoles qui peuvent provoquer la destruction d'une partie,
 - La substitution des terrains agricoles, donc la diminution des superficies exploitées, et ça entraîne aussi une gêne aux exploitants.
- ❖ Impact sur la faune et la flore : La modification d'implantation des espaces verts (herbes et arbres), et la construction de l'autoroute, influe sur les animaux car elle touche leur domaine vital.
- ❖ Impact socio-économique : durant la période de réalisation de notre infrastructure, plusieurs personnes se travaillent dans la région, ils contribuent temporairement à l'économie locale, donc c'est un impact positif.

I.47.1.7 Impacts durant la période d'exploitation :

Parmi les impacts qui peuvent apparaître lors de la mise en service et d'exploitation de notre projet, nous citons :

I.47.1.7.1 Impact négative :

- ❖ Impact sur la qualité d'air : lorsque l'autoroute sera en exploitation, la pollution d'air causée par l'émission des gaz des véhicules sera diminuée au niveau de zones urbaines comme la ville de Tizi Ouzou, mais d'un autre côté augmenté dans les zones traversées par notre tracé.
- ❖ Impact lié aux émissions sonores : la mise en service de l'autoroute aura comme impact d'accroître les niveaux de bruit, mais cet impact n'influe que sur les habitations proches de l'autoroute. Mais d'un autre côté le projet permet de diminuer le niveau sonore pour les habitats situés en bordure de réseaux routier actuelle.
- ❖ Pollutions des eaux : il s'agit des pollutions liées à l'entretien de la chaussée, ainsi qu'aux émissions dues aux gaz d'échappement transporté par les eaux de ruissellement vers un système d'écoulement naturel.

I.47.1.7.2 Impact positive :

- ❖ Le développement du réseau autoroutier de la wilaya Tizi Ouzou.
- ❖ Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.
- ❖ Une réponse aux besoins de confort et de la sécurité dans le déplacement.
- ❖ Diminution des risques d'accidents.
- ❖ Réduction des nuisances sonores liées à la concentration du trafic routier.
- ❖ Effet positif pour l'emploi.

I.47.2 Les mesures prises pour minimiser les impacts :

Pour réduire au minimum le dégagement de poussières, on peut avoir recours aux éléments suivants :

- ✓ Couvrir de bâches les bennes, camions, conteneurs et façades subissant un traitement
- ✓ Humidifier les zones de circulation en terre ou sable, surtout en été, en utilisant une lance d'arrosage (camion arroseur, etc.).
- ✓ Interdire les brûlages sur chantier : les déchets sont triés et évacués du chantier dans les filières adéquates (revalorisation ou mise en décharge).
- ✓ Pour les opérations de concassage et criblage, avoir recours à des écrans de protection

I.48 Conclusion :

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

I.49 Introduction :

La signalisation routière est un outil de communication essentiel pour l'utilisateur de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée d'une manière à aider les usagers tout au long de leurs parcours en leur permettant d'adapter leur conduite aux diverses situations qui se présentent à lui.

Elle a pour objectif de :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.

Le présent rapport a pour objectif de définir les types d'équipements autoroutiers adoptés pour ce projet notamment la signalisation horizontale et verticale ainsi que des points singuliers (échangeurs), le long de la section concernée.

Ce chapitre traite des installations reliées à la sécurité du trafic présente les critères appliqués pour la signalisation.

I.50 Critères à respecter pour signalisations :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue et comprise :

- 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'utilisateur.

I.51 Catégorie de signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux ;
- La signalisation par feux ;
- La signalisation par marquage des chaussées ;
- La signalisation par balisage ;
- La signalisation par bornage ;
- La signalisation par dispositifs de fermeture (barrières).

I.52 Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

I.52.1 SIGNALISATION VERTICALE :

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. Elle comporte :

- Signalisation de police (Danger, prescription et indication)
- Signalisation de direction
- Signalisation de localisation

I.52.1.1 Signalisation de police :

Elle sert à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux seront conformes aux normes européennes.

I.52.1.2 Signalisation de danger :

Elle comporte les dispositifs d'annonce et de balisage des courbes en fonction de leurs rayons sur les bretelles de sortie et d'entrée des échangeurs, compte tenu des caractéristiques géométriques du tracé en plan.

I.52.1.3 Signalisation de prescription :

Elle se déduit du statut des voies concernées et de la réglementation en vigueur. Elle comporte des signaux d'obligation, des panneaux pour signaler l'entrée dans une zone particulière, panneaux pour la limitation de vitesse, panneaux d'interdictions d'arrêt et le stationnement

I.52.1.4 Signalisation d'indication :

Les panneaux d'indication des différents services offerts à l'usager à l'intérieur des aires de service et de repos.

I.52.1.5 Signalisation de direction :

Le but de la signalisation de direction est de permettre aux usagers de la route de suivre sans erreur ni hésitation l'itinéraire qu'ils se sont fixé.

I.52.1.6 Signalisation de localisation :

L'objectif de la signalisation de localisation est de porter à la connaissance des usagers de la route : Le nom d'un lieu traversé par la route, Les routes nationales, Les chemins de wilaya...

I.52.2 SIGNALISATION HORIZONTALE :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer les parties de chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers. Elle consiste en un marquage sur chaussée au moyen des bandes en couleur blanche retro réfléchissante en enduit à chaud. En section courante de l'autoroute, ce marquage assure le rôle de guidage par délimitation des voies de circulation et de prescription.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

I.52.2.1 Marquages longitudinale :

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

I.52.2.2 Marquages transversales :

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

I.52.2.3 Marquages complémentaire :

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

I.52.3 Application au projet

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

I.52.3.1 Signalisation verticale :

Les types de panneaux à implanter sur notre autoroute son résumer dans l'annexe.

I.52.3.2 Signalisation horizontale :

- Ce qui concernent l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de : $U=7,5$ cm
- Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans notre projet sont :

TABLEAU 36 TYPE DE MARQUAGES LONGITUDINAUX

| type | désignation | largeur |
|----------------|------------------------------------|---------|
| continue | délimitant les chaussées et le TPC | 3u |
| Discontinue T1 | délimitant les différentes voies. | 2u |
| Discontinue T4 | délimitant les BAU | 3u |

La figure ci-dessous illustre les différents types de lignes précédents :

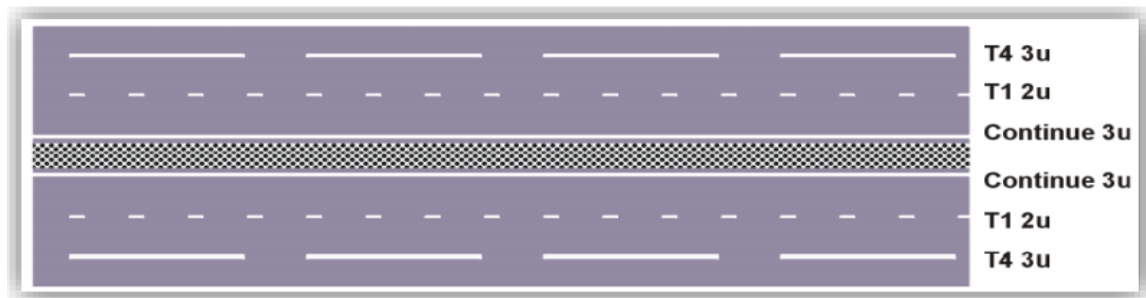


FIGURE 55 TYPES DE MARQUAGES LONGITUDINAUX (SECTION COURANTE)

I.52.3.3 Dispositifs de retenue :

Etant donné que la largeur de berme (d_2) est de 1,0m sur l'autoroute, le type GS2 de glissières simple de profil A ou B a été choisi pour l'implanter sur accotement, et les séparateurs en béton DBA sont implantés sur terre pleine centrale (TPC)

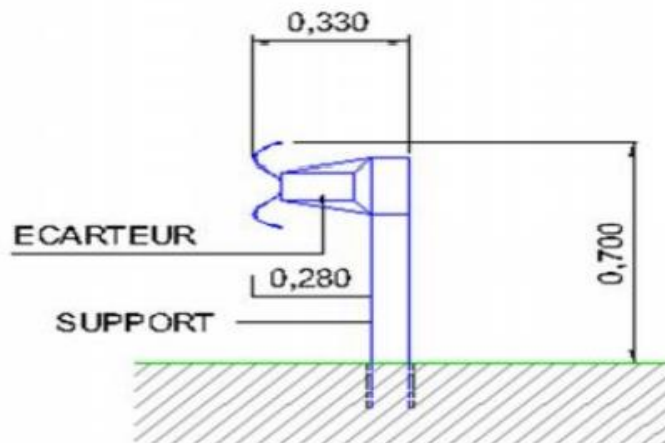


FIGURE 56 GLISSIERE DE SECURITE TYPE GS2

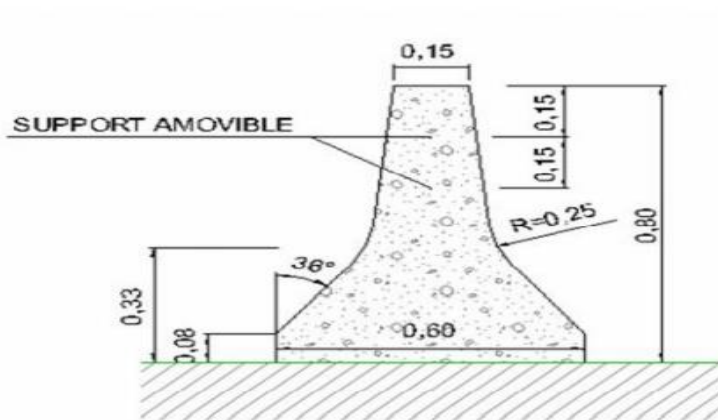


FIGURE 57 DOUBLE SEPARATEURS EN BETON ADHERANT

I.52.3.4 Signalisation des points d'échange

I.52.3.4.1 Signalisation verticale :

- Signalisation de police : s'effectue au moyen des panneaux de type A et B.
- Signalisation d'indication : s'effectue au moyen des panneaux de type C.
- Signalisation de direction : s'effectue au moyen des panneaux de type D

I.52.3.5 Signalisation horizontale :

- L'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de : $U=5$ cm.
- Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans notre projet sont :

TABLEAU 37 TYPES DE MARQUAGES LONGITUDINAUX (ECHANGEUR)

| TYPE | DESIGNATION | Largeur (cm) |
|-----------------|--|--------------|
| Discontinue T1 | Délimitant les différentes voies | 2u |
| Discontinue T2 | Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement | 5u |
| Discontinue T'3 | Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement | 3u |

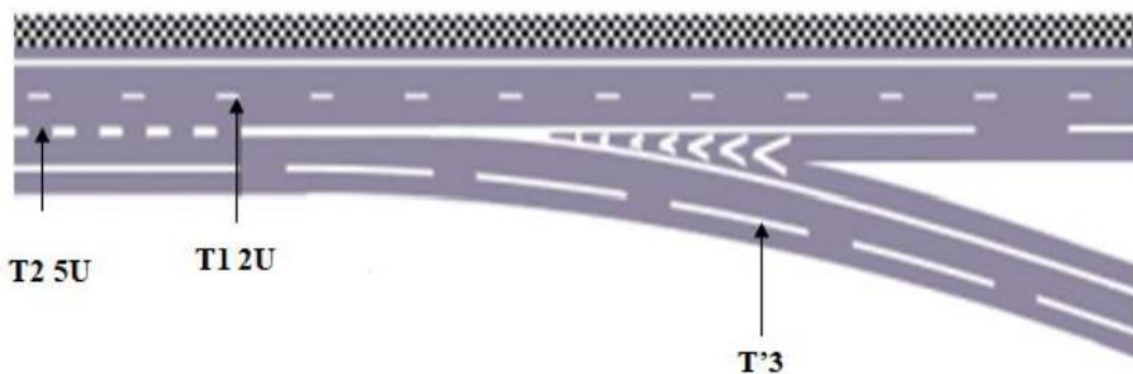


FIGURE 58 TYPES DE MARQUAGE LONGITUDINAUX (ECHANGEUR)

I.52.3.6 Dispositifs de retenue :

Le type GS2 de glissières simple de profil A ou B a été choisi pour l'implanter sur accotement. Dans les points en divergence pour les bretelles d'entrée et de sortie de l'échangeur, Le dispositif de retenue frontal « le musoir métallique », est implanté, équipé d'une balise de type J14a.

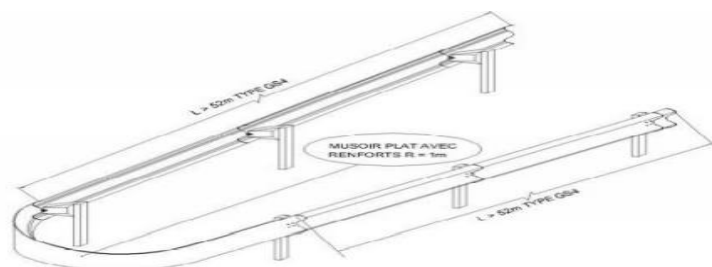


FIGURE 59 MUSOIR METALLIQUE



J14a

FIGURE 60 BALISE TYPE J14A

I.52.3.7 Clôtures anti-intrusion :

Les espèces faunistiques recensées dans la zone d'étude se compose d'une faune sauvage protégée tel que le Caméléon, le Chat ganté, la Gazelle de montagne, le renard roux et une faune domestique (bovins, équin, ovin, etc.).

Pour notre projet on a adopté pour la clôture à treillis soudés ou noués à mailles progressives, c'est le type de clôture le plus couramment, utilisé dans les projets routiers. Elle constituée d'un grillage ou treillis, de fils de ronce, de poteaux et des accessoires de fixation et de pose.



FIGURE 61 CLOTURE A TREILLIS A MAILLES PROGRESSIVES