



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en travaux public.

Spécialité : Voiries et ouvrages d'art

**Etude d'un tronçon de 5km de la pénétrante autoroutière
reliant la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest au
niveau de Djebahia sur 48Km**

Présenté par :

Mme MOUAZER Raounak

Me MAKHLOUF Abderrahim

Mme GHANEM Fadhila	Encadreur
Mme BELHOCINE Malika	Présidente
Mme HERMIME Tassadit	Examinatrice

Remerciement

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant qui nous a guidés et qui nous a fourni l'aide, la confiance, la force et le courage pour réaliser ce modeste travail et sans lui nous n'aurions jamais été sur la bonne voie.

Nous remercions nos très chers parents ainsi que nos frères et sœurs pour leurs soutiens et leurs patiences.

Tous nos infinis remerciements à notre promotrice MME GHANEM.F pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de présenter notre travail dans sa meilleure forme.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

On dédie ce modeste travail

A nos très chers parents qui nous ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long parcours, nos précieuses Mères qui ont été à nos côtés et nous ont soutenues durant toute notre vie, et nos chers Pères qui ont sacrifié toute leur vie afin de nous voir devenir ce qu'on est aujourd'hui, que Dieu le tout puissant les protègent et les gardent pour nous.

A nos très chers frères et sœurs et toutes nos deux familles sans exceptions

A tous nos amis d'enfance et du Long Parcours Scolaire et Universitaire

A tous ceux qui nous aiment et qu'on aime.

A vous....

Sommaire

I. Sommaire

I	Présentation du projet.....	4
I.1	Présentation et objectif du projet.....	4
I.2	Les caractéristiques géométriques.....	4
I.3	Echangeurs et viaducs.....	5
I.4	Objectifs principaux de l'étude.....	8
II.	Etude de trafic.....	10
II.1	Introduction.....	10
II.2	Méthodes de reconnaissance du trafic.....	10
II.2.1	Comptage.....	10
II.2.2	Enquête.....	12
II.3	Différents types du trafic.....	13
II.3.1	Trafic normal.....	13
II.3.2	Trafic dévié.....	13
II.3.3	Trafic induit.....	13
II.4	Calcul de la capacité.....	13
II.4.1	Définition.....	13
II.4.2	Estimation du Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA).....	13
II.4.3	Trafic Journalier Moyen Annuel à l'horizon (TJMA _h).....	14
II.4.4	Calcul du trafic effectif.....	14
II.4.5	Trafic de pointe horaire.....	15
II.4.6	Débit horaire admissible.....	15
II.4.7	Calcul du nombre de voies.....	16
II.4.8	Calcul de l'année de saturation.....	17
II.5	Conclusion.....	18
III.	Etude géométrique.....	20
Introduction	20
III.1	Tracé en plan.....	20
III.1.1	Définition.....	20

III.1.2	Règles à respecter dans le tracé en plan	20
III.1.3	Les éléments du tracé en plan.....	21
III.1.4	Conception du tracé en plan de notre projet.....	28
III.2	Profil en long.....	33
III.2.1	Définition.....	33
III.2.2	Règles à respecter dans le tracé du profil en long	33
III.2.3	Application au projet	38
III.3	Profil en travers	40
III.3.1	Définition.....	40
III.3.2	Les éléments du profil en travers.....	41
III.3.3	Profil en travers type	42
III.3.4	Application au projet logiciel piste.....	42
III.3.5	Conclusion.....	44
IV.	Etude des cubatures	46
IV.1	Introduction	46
IV.2	Définition.....	46
IV.3	Méthode de calcul des cubatures.....	46
IV.3.1	Description des méthodes.....	46
IV.3.2	Méthode linéaire.....	46
IV.4	Application au projet.....	47
V.	Etude géotechnique	49
V.1	Introduction	49
V.2	Objectifs	49
V.3	Réglementation algérienne en géotechnique.....	49
V.4	Moyens de reconnaissance	49
V.5	Différents essais en laboratoire	50
V.5.1	Essais d'identification	50
V.6	Condition d'utilisation des sols en remblais.....	63
VI.	Chaussée.....	65
VI.1	Introduction	65
VI.2	Types de chaussée	65
VI.2.1	Les chaussées souples.....	65
VI.2.2	Les chaussées semi-rigides.....	65
VI.2.3	Les chaussées rigides.....	65

VI.3	Constituants de la structure de chaussée.....	66
VI.3.1	La couche de surface : (couche de roulement + couche de liaison).	66
VI.3.2	Corps de chaussée.....	66
VI.3.3	La couche de forme	67
VI.4	Méthodes de dimensionnement	67
VI.4.1	Les méthodes empiriques	67
VI.4.2	Les méthodes dites « rationnelles ».....	67
VII.	Assainissement	81
VII.1	Introduction	81
VII.2	Types de dégradation.....	81
VII.3	Objectifs de l'assainissement	81
VII.4	Définition des termes hydraulique.....	82
VII.5	<i>Types de canalisations</i>	83
VII.6	Données hydrauliques	83
VII.7	Calcul hydraulique.....	84
VII.7.1	Pluie journalière maximale annuelle (PJ).....	84
VII.7.2	Calcul de précipitation.....	84
VII.7.3	Calcul de l'intensité de l'averse	85
VII.7.4	Calculs des débits	86
VII.7.5	Surface de l'écoulement	87
VII.8	Exemples de dimensionnement	87
VII.8.1	Exemple de calcul d'un fosse (bassin versant n° 2) :	88
	<i>Dimensionnement du fossé</i>	89
VII.8.2	Exemple de calcul d'une buse (bassin versant n°1)	90
VII.8.3	Exemple de calcul d'un dalot (bassin versant n°6) :	92
VIII.	Equipement de la route.....	96
VIII.1	Signalisation	96
VIII.1.1	Introduction	96
VIII.1.2	Objectifs de la signalisation.....	96
VIII.1.3	Catégories de circulation	96
VIII.1.4	<i>Règles à respecter pour la signalisation</i>	96
VIII.1.5	Types de signalisation	97
VIII.1.6	Application au projet	104
VIII.2	Eclairage.....	105

VIII.2.1	Introduction	105
VIII.2.2	Catégories d'éclairage	105
VIII.2.3	Paramètres de l'implantation des luminaires.....	105
VIII.2.4	Application au projet	106
VIII.3	Glissières de sécurité (séparateurs).....	106
IX.	Impacts sur l'environnement	109
IX.1	Introduction	109
IX.2	Cadre juridique	109
IX.3	Objet de l'étude	109
IX.4	Les impacts.....	110
IX.4.1	Impacts sur l'agriculture.....	110
IX.4.2	L'impact sur la nature.....	110
IX.4.3	L'impact sur les habitants.....	111
IX.4.4	Infrastructure et paysage.....	112
IX.5	Les études d'urbanisme.....	112
IX.6	Principaux impacts environnementaux et sociaux du notre projet	113
IX.6.1	Impacts positifs.....	113
IX.6.2	Impacts négatifs.....	113
IX.7	Les précautions à prendre.....	113
IX.8	Conclusion.....	114
X.	Estimation de devis	116

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coefficient « P » d'équivalence PL/UVP	14
Tableau 2 : Valeur de K1 en fonction de l'environnement.	16
<i>Tableau 3 : Valeur de K2 en fonction de l'environnement et de la catégorie de la route.....</i>	<i>16</i>
Tableau 4 : Capacité des routes en uvp/h.	16
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul	18
Tableau 6 : Valeurs des coefficients de frottement	23
Tableau 7 : Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par le B40	25
Tableau 8:valeur des rayons des angles saillants.....	37
Tableau 9: valeurs de rayons des angles rentrants.....	38
Tableau 10 : Résultats Ep obtenus dans l'unité T1 M.....	59
Tableau 11 : Résultats P L obtenus dans l'unité T1 M.....	60
Tableau 12 : Coefficient d'équivalence	69
Tableau 13 : Types de réseau principal selon le trafic	71
Tableau 14 : durée de vie adoptée	73
Tableau 15 : valeur de coefficient d'agressivité A.....	74
Tableau 16 : Risques adoptés pour le réseau RP1	74
Tableau 17 : choix des températures équivalentes	75
Tableau 18:Portance des sols	75
Tableau 19 : structures de chaussées proposée par CTTP pour TPL7	76
Tableau 20 : les valeurs de variable de Gaussien en fonvtion de la fréquence	84
Tableau 21 : Dimensions des bassins versants et calcul du débit.....	88
Tableau 22 : valeurs des modulations des lignes discontinues.....	101

Liste des figures

Figure 1 : Pénétrante est-ouest reliant Tizi-Ouzou-Bouira (inchaat, 2019)	3
Figure 2 : Présentation de notre tracé autoroutier PK28+900 - PK34+1000 . (iNŞAAT, 2019)	4
Figure 3 : Présentation des échangeurs réalisés sur cette liaison autoroutière. (iNŞAAT, 2019).....	4
Figure 4 : Présentation des viaducs dont la longueur est supérieure à 1000 m. (iNŞAAT, 2019).....	5
Figure 5 : Présentation des deux tunnels 670 m et 750 m. (iNŞAAT, 2019)	5
Figure 6 : Viaduc de 750 km au PK33. (iNŞAAT, 2019)	6
Figure 7 : Le Viaduc le plus long du tracé. (iNŞAAT, 2019).....	6
Figure 8 : Le raccordement de la pénétrante à l'autoroute est-ouest par un échangeur. (iNŞAAT, 2019).....	7
Figure 9 : Boucles de comptage permanent du trafic routier (le monde de génie civil)	10
Figure 10 : Exemple d'un comptage temporaire du trafic routier. (its, 2019)	11
Figure 11 : Eléments constitutifs d'une route	20
Figure 12 : les caractéristiques d'une clothoïde.....	25
Figure 13 : nuage de points (points du topographique).....	27
Figure 14 : fond de plan.....	28
Figure 15 : tracé en plan.....	29
Figure 16 : tracé en plan.....	30
Figure 17 : interpolation de l'axe.....	31
Figure 18:profil en long	37
Figure 19:profil en long	38
Figure 20: caractéristiques du profil en long.....	38
Figure 21: Éléments du profil en travers	39
Figure 22:Profil en travers type.....	41
Figure 23:Profil en travers du projet	41
Figure 24:Perspective de la route	42
Figure 25:Description de la méthode de Gulden	45
Figure 26:Principe de l'essai de la masse volumique absolue.....	49
Figure 27 : Diagramme de Casagrande pour la classification des sols fins (Plus de 50% d'éléments < 0,08mm)	50
Figure 28 : Résultats de l'essai de Casagrande.....	51
Figure 29 : Appareillage utilisé dans l'essai granulométrique par tamisage.....	51
Figure 30 : Exemples des courbes granulométriques	51
Figure 31 : résultat de l'essai plasticité	52
Figure 32 : Essai de la sédimentométrie	52
Figure 33 : Exemple de résultats œdométrique.....	53
Figure 34 : Cellule œdométrique.....	53
Figure 35 : Courbe Proctor	55
Figure 36 : Appareillage de l'essai Proctor	55
Figure 37 : Appareille de l'essai CBR.....	56
Figure 38 : Module pressiométrique E_p vs profondeur	57
Figure 39 : Relation entre PI et profondeur pour l'unité T1 M	58
Figure 40 : résultat d'essai au pénétromètre dynamique	59
Figure 41 : Les couches de chaussée adoptées	68

Figure 42 : Démarches du catalogue CTTT	69
Figure 43 : Structure de chaussée adoptée.....	74
Figure 44 : Déformations de la structure GB/GB	74
Figure 45 : Modélisation de la structure de chaussée.	77
Figure 46 : Résultats de calcul du logiciel Alizé	77
Figure 47 différentes parties d'assainissement.....	80
Figure 48 : coupe transversale de la route.....	81
Figure 49 : Panneaux d'interdiction	95
Figure 50 : Panneaux d'obligation	96
Figure 51 : Panneaux fin de prescription.....	96
Figure 52 : signaux d'indication	96
Figure 53 : panneaux de localisation	97
Figure 54 : exemple des signaux divers.....	99
Figure 55 : Ligne de rive 1.....	100
Figure 56 : Ligne de rive 2.....	100
Figure 57 : Ligne de rive 3.....	101
Figure 58 : Ligne STOP	102
Figure 59 : Ligne « cédez le passage ».....	102
Figure 60 : Ligne d'effet de feux marquée au sol.....	102
Figure 61 : les flèches de direction.....	103
Figure 62 : Flèches de rabattement	103
Figure 63 ligne continue	104
Figure 64 ligne discontinue de modulation type T3.....	104
Figure 65 : Paramètres de l'implantation des luminaires	106
Figure 66 : Eclairage dans une autoroute.....	106
Figure 67 : Les caractéristiques géométriques des glissières.....	107
Figure 68 : Glissières de sécurités sur l'autoroute est-ouest	107

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie compte en 2019, un réseau autoroutier d'environ 1 439 km en 2x3 voies. Il s'agit du troisième réseau autoroutier au niveau africain après celui du Maroc et d'Afrique du Sud. La vitesse maximale autorisée sur l'ensemble du réseau est de 120 km/h.

Dans le cadre de développement et de modernisation du réseau autoroutier, l'Algérie a lancé la réalisation de l'autoroute est-ouest qui est un projet autoroutier traversant toute l'Algérie parallèlement aux côtes méditerranéennes. Elle doit relier la frontière tunisienne près de la ville d'El Kala à la frontière marocaine près de celle de Maghnia en passant près des grandes villes algériennes du nord tel que Annaba, Skikda, Constantine, Setif, Alger, Sidi Bel abbès, Chlef, Oran et Tlemcen, sur une distance de 1 216 km (1 720 km en comptant les routes annexes et les bretelles).

Pour permettre la liaison de la wilaya de Tizi Ouzou à l'autoroute est-ouest, la DTP de Tizi-Ouzou a annoncé en 2006 la réalisation d'une pénétrante de 48 km avec un profil en 2x3 afin de fluidifier le trafic de cette région et de booster le développement socio-économique local. Elle assure la liaison de la commune de Djebahia à la ville de Tizi Ouzou à travers le massif du Djurdjura.

Notre projet de fin d'étude s'étend sur une longueur de cinq kilomètres seulement, il prend naissance à partir du PK28+500 et il se termine avant que l'autoroute tourne vers l'ouest pour traverser la montagne au PK35+1000.

Ce mémoire est scindé en dix (10) chapitres :

Un **premier chapitre** qui consiste en une présentation générale du projet ainsi que les données de base. Un aperçu général sur les ouvrages d'art ainsi que les points sensibles du tracé a été

Un **deuxième chapitre** porte sur l'étude de trafic qui a pour objet de connaître les différents flux de véhicules empruntant le réseau routier dans lequel s'insère le projet.

Dans le **troisième chapitre**, une étude géométrique a été faite afin d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route : tracé en plan, profil en long et profil en travers.

Le **quatrième chapitre** consiste à calculer les volumes de remblais et de déblais appelé les cubatures des terrassements.

Le **cinquième chapitre** porte sur une l'étude géotechnique qui permet de connaître les caractéristiques mécaniques et physiques des différents matériaux routiers utilisés dans la réalisation des chaussées et de la couche de forme.

Le **Sixième chapitre** porte sur la présentation des différents types de chaussées ainsi que le dimensionnement du corps de chaussée en utilisant la méthode CBR et la méthode du catalogue de dimensionnement des chassées neuves (CTTP).

Dans **le septième chapitre**, une étude hydraulique a été faite afin de dimensionner les buses, les dalots ainsi que les fossés.

Le **chapitre huit** consiste à étudier la sécurité routière en présentant les différents types de signalisation.

Dans le **neuvième chapitre** une présentation des différents impacts de la pénétrante sur l'environnement et sur les habitants ainsi les solutions apportées a été faite.

Et le **dernier chapitre** est consacré au devis quantitatif et estimatif du projet.

Présentation du projet

I Présentation du projet

I.1 Présentation et objectif du projet

Le projet de la pénétrante autoroutière, reliant la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest au niveau de Djebahia sur 48km, s'inscrit dans le cadre schéma directeur national du ministère des travaux publics développé par l'agence nationale des autoroutes.

L'objectif de ce schéma est de moderniser le réseau routier de l'Algérie et de réaliser les axes routiers qui structurent le territoire qui contribueront au développement du pays.

Le réseau routier s'appuie sur deux grands axes transversaux autoroute est-ouest et ce des hauts plateaux, cela est compléter par la réalisation des pénétrantes nord-sud qui relient le nord du pays avec les routes transversales et le sud.



Figure 1 : Pénétrante est-ouest reliant Tizi-Ouzou-Bouira (inchaat, 2019)

I.2 Les caractéristiques géométriques

La pénétrante répond à celle des liaisons autoroutières avec une vitesse de référence de 110 km/h et une déclivité maximale de 6%.

Cette autoroute est constituée de deux chaussées à trois voies chacune séparées par un terre-plein central (TPC).

Notre projet de fin d'étude s'étend sur une longueur de cinq kilomètre seulement, il prend naissance à partir du PK28+500 et il se termine avant que l'autoroute tourne vers l'ouest pour traverser la montagne au PK35+1000(figure 2).

Ce tronçon étudié se caractérise par un trafic journalier annuel de 16000v/J/sens avec un pourcentage de 35% de poids lourds.

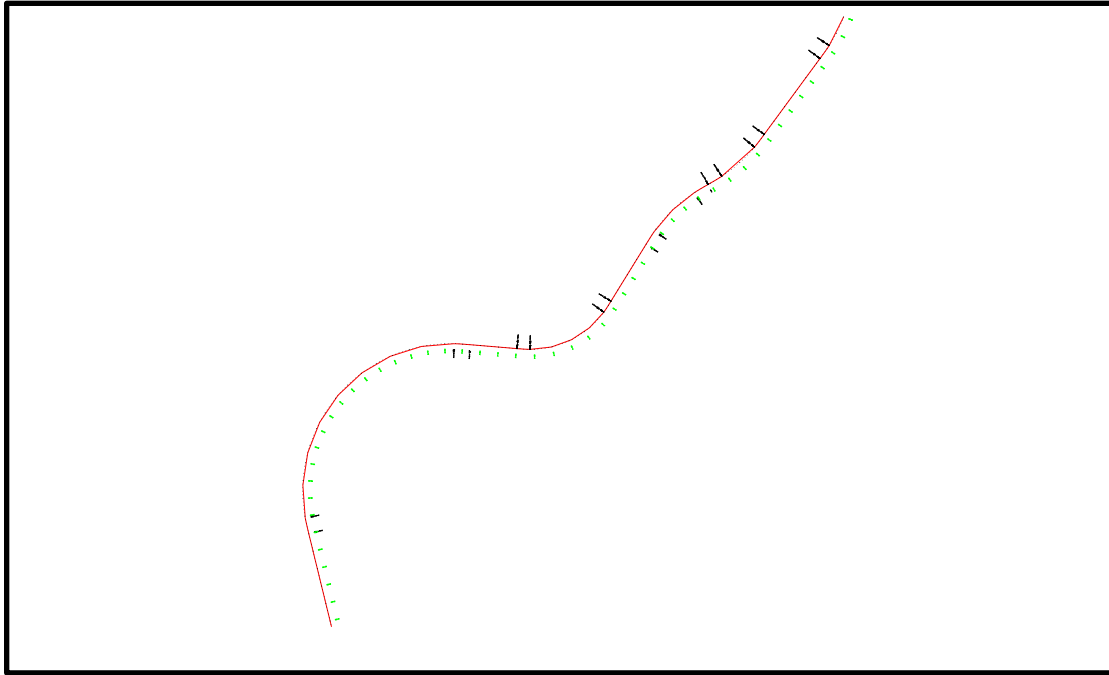


Figure 2 : Présentation de notre tracé autoroutier PK28+900 - PK34+1000 . (ÎNŞAAT, 2019)

I.3 Echangeurs et viaducs

La connexion avec le reste du réseau routier est réalisé au moyen de huit échangeurs dénivelés qui permet d'assurer tous les échanges.

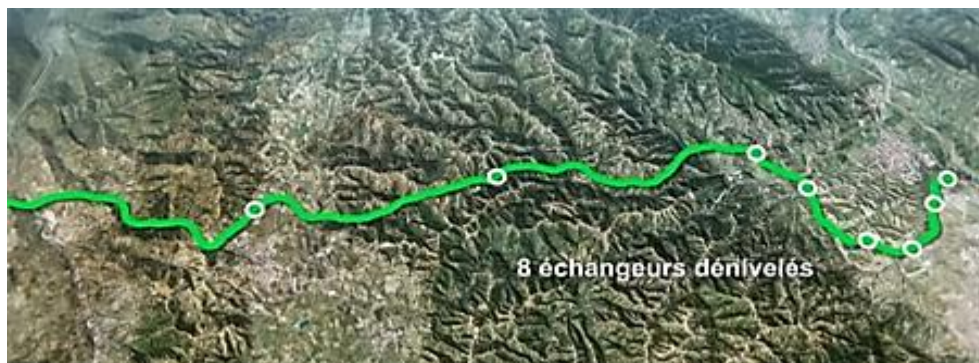


Figure 3 : Présentation des échangeurs réalisés sur cette liaison autoroutière. (ÎNŞAAT, 2019)

Les routes traversées par la pénétrante seront rétablies par moyen de passages inférieurs et supérieurs.

Il fut remarqué la réalisation de plus de 20 viaducs, dont 4 ont une longueur supérieure à 1000 m, 2 tunnels de 670 m et 950 m seront aussi nécessaires.

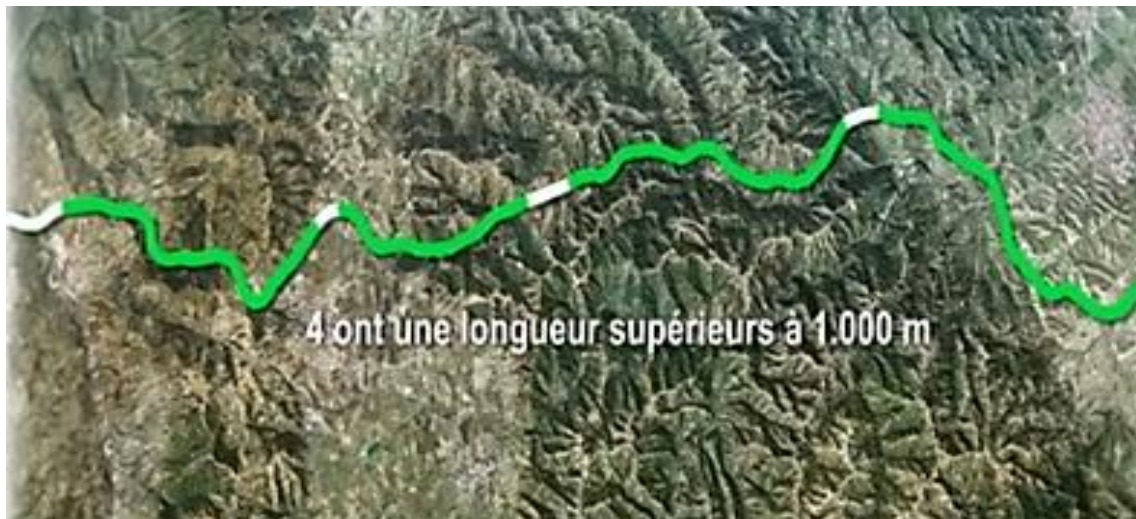


Figure 4 : Présentation des viaducs dont la longueur est supérieure à 1000 m. (ÎNŞAAT, 2019)

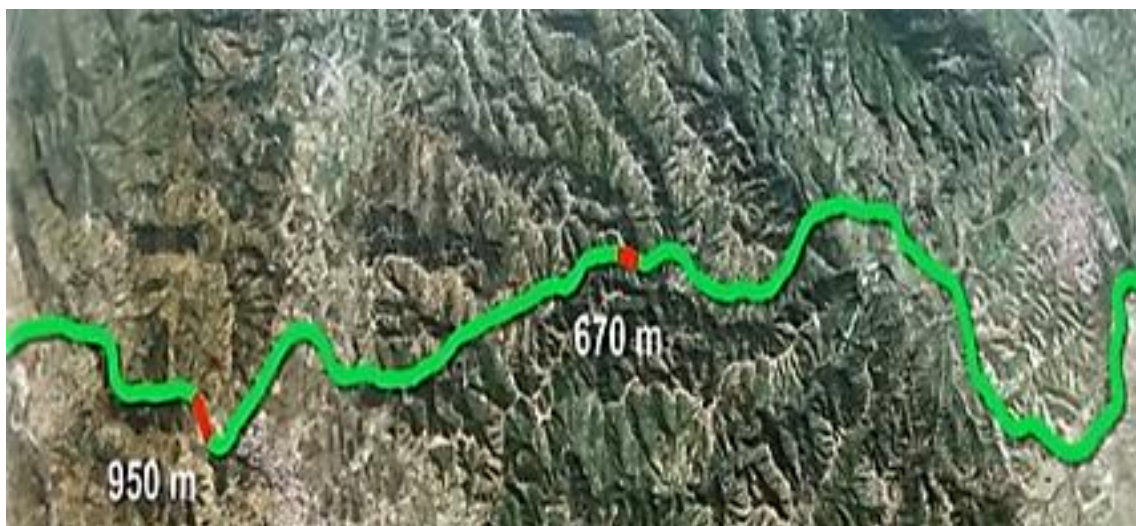


Figure 5 : Présentation des deux tunnels 670 m et 750 m. (ÎNŞAAT, 2019)

Le tunnel de 670m est prévu au pk21+500 pour traverser une importante colline près d'Ait-Yahia-Moussa. Au PK36, l'autoroute tourne vers l'ouest et traverse la montagne par moyen d'un tunnel de 950m, ce tunnel liera les deux wilayas Tizi-Ouzou et Bouira.

Dans le dernier tronçon qui fait objet de notre étude, à partir du PK28 le terrain devient moins accidenté bien que le relief reste assez vallonné. Le tracé passe juste à côté du **barrage de Draa-El-Mizan** et contourne cette ville par l'ouest, quelques viaducs sont aussi nécessaire dans ce tronçon notamment le viaduc 18 de **750 m au PK33**, après ce viaduc, l'échangeur RN68 permet la liaison avec la route nationale.



Figure 6 : Viaduc de 750 km au PK33. (ÎNŞAAT, 2019)

La pénétrante continue vers le sud en nécessitant de grands terrassements et de longs viaducs.

Au PK44+000, on trouve le viaduc le plus long du projet d'une longueur de 1773km.



Figure 7 : Le Viaduc le plus long du tracé. (ÎNŞAAT, 2019)

En arrivant à l'autoroute est-ouest près de la ville de Djebahia, un échangeur est prévu afin de se raccorder avec cette importante voie.



Figure 8 : Le raccordement de la pénétrante à l'autoroute est-ouest par un échangeur. (INŞAAT, 2019)

Avant l'accès à l'autoroute, une gare de piège sera réalisée.

I.4 Objectifs principaux de l'étude

La réalisation de cette nouvelle pénétrante de grande complexité technique améliorera grandement la communication par voie routière entre la wilaya de Tizi-Ouzou et le reste du pays.

- Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas de Bouira et Tizi-Ouzou et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
 - Contribuer à l'amélioration de la communication de la ville avec l'intérieur et le reste du pays.
 - Soulager la RN12 principal axe de la wilaya en offrant un raccourci vers l'intérieur du pays.
- Garantir le plus haut degré de sécurité, le confort optimal des usagers et la réduction du temps de marche jusqu'à 40 minutes après avoir été d'environ 1h30 ou 2h.

Etude de trafic

II. Etude de trafic

II.1 Introduction

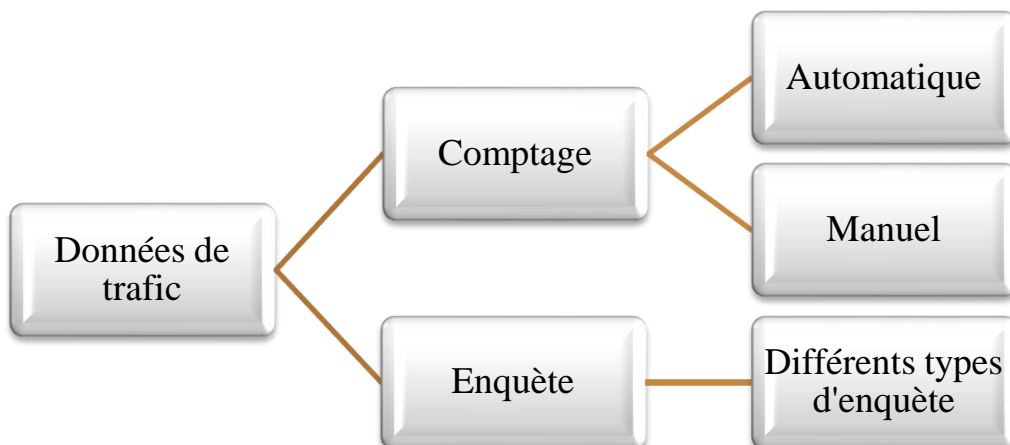
L'étude de trafic est la première réflexion relative à la conception et l'aménagement d'un simple carrefour jusqu'à une grande liaison autoroutière, car elle est l'élément de base qui constitue une approche essentielle tant de la conception que de l'entretien et l'exploitation d'un réseau routier.

Cette étude a pour objet de connaître les différents flux de véhicules empruntant le réseau routier dans lequel s'insère le projet, comme elle nous permet de :

- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.
- Estimer les coûts d'entretien.
- Mesurer l'efficacité économique et sociale du projet.

II.2 Méthodes de reconnaissance du trafic

Les méthodes de reconnaissance du trafic sont regroupées dans le schéma suivant :



II.2.1 Comptage

Pour une étude de trafic d'un réseau routier, deux types de comptage incontournable sont nécessaires :

II.2.1.1 Comptage automatique

Il sert à quantifier le trafic. Il est réalisé par deux méthodes :

II.2.1.2 Les comptages permanents

Ils sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes. Sur le reste du réseau il s'agit d'un comptage temporaire.

Le comptage permanent est exécuté à la base d'un programme bien définie auparavant, le matériel utilisé doit être bien entretenu et révisé à chaque emploi pour avoir des résultats corrects et éviter des données de trafic douteuses.

Ce comptage se fait à l'aide d'un poste équipé des boucles magnétiques fournissant des données sur le nombre des véhicules réels de toute catégorie (figure 9). (B40)

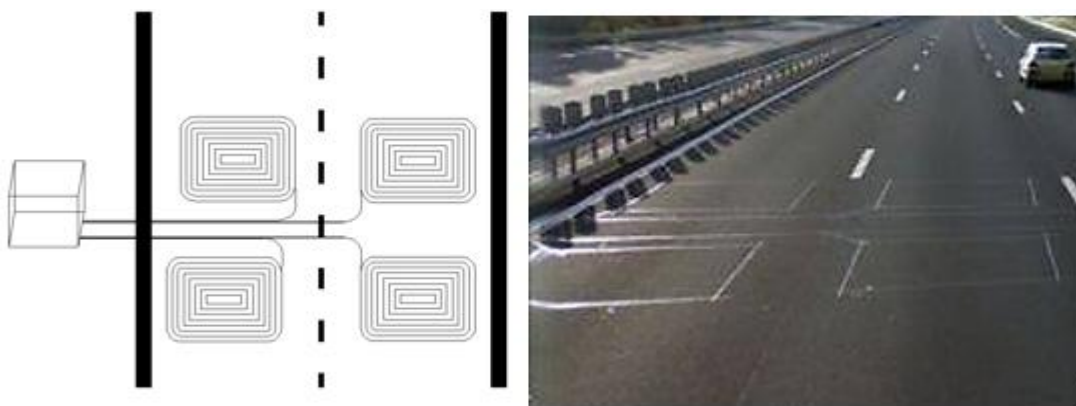


Figure 9 : Boucles de comptage permanent du trafic routier (civil)

II.2.1.3 Les comptages temporaires

Ils sont faits à l'aide d'un poste équipé d'un tube pneumatique traversant la route transversalement (figure 10), ce tube pneumatique fournit des données correspondantes à des paires d'essieux. (Setra, 2004)

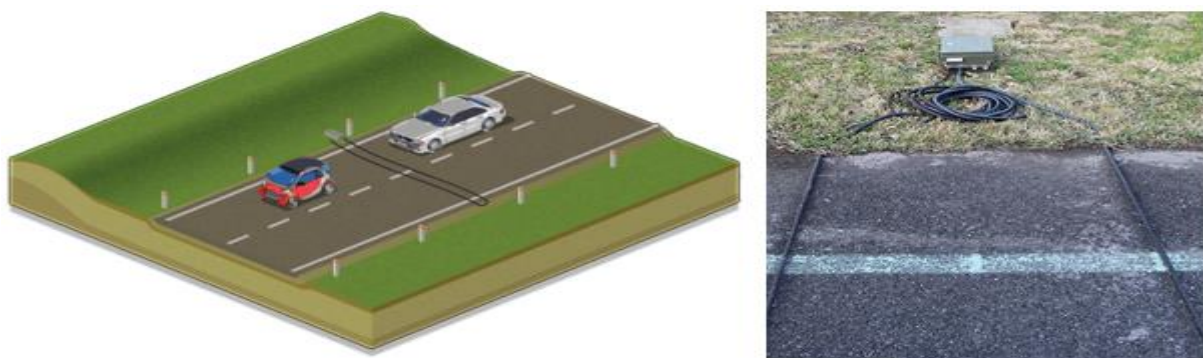


Figure 10 : Exemple d'un comptage temporaire du trafic routier. (its, 2019)

➤ **Appareil de mesure de trafic**

C'est un appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. Une des extrémités du tube est fermée et l'autre se raccorde au compteur. Lorsque l'essieu d'un véhicule passe sur le tube, l'onde de compression de l'air dans le tube donne une impulsion, laquelle est enregistrée par le compteur. Il est alors possible de capter le nombre d'essieux passant sur le tube en cumulant les impulsions d'air du capteur. (Setra, 2004)

Le système de recueil des données de trafic est composé d'un :

- Compteur automatique ;
- Capteur pneumatique ;
- PC portable de programmation de recueil des données brutes et de transfert des résultats sur micro-ordinateur.

II.2.1.4 Comptage manuel

Les comptages manuels sont réalisés par des enquêteurs qui relèvent la composition du trafic (nombre de véhicules par catégorie) pour chaque sens pour compléter les indications fournies par le comptage automatique. (Setra, 2004)

II.2.2 Enquête

Il est plus souvent avantageux de compléter les informations recueillis à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin à ces différentes méthodes :

II.2.2.1 Statistiques générales

- Immatriculation des véhicules
- Production des véhicules
- Consommation de carburant
- Ventes pneumatiques
- Assurances

II.2.2.2 Enquêtes origine destination (o/d)

Il existe différents types d'enquête O/D :

- Enquête par collage de papillons ou distribution de carte ;
- Enquête par relevé des numéros minéralogiques des véhicules ;
- Enquête de circulation par interview directe des conducteurs au bord de la route ;

- Enquête à domicile ;
- Enquête par envoi de carte postale Enquête par envoi de carte postale.

II.3 Différents types du trafic

Après un comptage, les indicateurs du trafic à rechercher sont :

II.3.1 Trafic normal

C'est le trafic recensé sur l'itinéraire de la route avant son aménagement à une année donnée.

II.3.2 Trafic dévié

C'est le trafic dévié sur d'autres itinéraires suite au faible niveau de service offert par la route avant aménagement.

II.3.3 Trafic induit

C'est le nouveau trafic attiré suite à l'amélioration du niveau de service de la route aménagés.

II.4 Calcul de la capacité

II.4.1 Définition

La capacité d'un tronçon routier est l'intensité maximale du trafic par heure au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

Elle se calcule en fonction du nombre maximum de voiture particulière qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

Elle dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Des caractéristiques géométriques de la route.
- Des distances de sécurité.

II.4.2 Estimation du Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA)

Le trafic journalier annuel (TMJA) = trafic total de l'année / le nombre de jour.

Il correspond en général au débit de la 20^{ème} ou 30^{ème} heure de l'année (en rase campagne) et des 100 ou 200^{ème} heures de l'année en milieu urbain. On l'exprime (**véhicule /jour**).

Pour notre projet, le TMJA à l'an 2012 est estimé à : $TMJA_{2012} = 16000 \text{ v/j/2sens}$.

II.4.3 Trafic Journalier Moyen Annuel à l'horizon (TJMA_h)

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

Donc, la formule qui donne la valeur du trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

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

τ : tant de croissance annuelle de l'année ;

n : Nombre d'année horizon.

- Calcul du TJMA_h à l'an de mise en service (2019) avec $\tau = 4\%$ et $n = 7$.

Donc :

$$TJMA_{2019} = (1 + 0.04)^7 16000 = 21\,054.91 \text{ V/J/2sens}$$

$$\mathbf{TJMA_{2019} = 21\,055 \text{ V/J/2sens}}$$

- Calcul du TJMA_h pour une durée de vie de 20 ans à partir de l'année de mise en service pour une durée de vie de 20 ans avec $\tau = 4\%$.

$$TJMA_{2039} = (1 + 0.04)^{20} 21\,055 = 46\,133.9 \text{ V/J/2sens}$$

$$\mathbf{TJMA_{2039} = 46\,134 \text{ V/J/2sens}}$$

II.4.4 Calcul du trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (UVP) en fonction de type de route et de l'environnement pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en UVP. (B40)

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - z) + Pz] TMJA_h$$

Avec :

- **T_{eff}** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J) ;
- **Z** : pourcentage des poids lourds (%) ;
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route (tableau 1).

Tableau 1 : Coefficient « P » d'équivalence PL/UVP. (B40)

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

{ Notre route est située dans un terrain vallonné donc, l'environnement E2 → P = 4
 La route comporte 4 voies

Le pourcentage du poids lourd est estimé à : $z = 35\%$

Donc :

$$T_{eff} = [(1 - 0.35) + 4 \times 0.35] 46\,134 = 94\,575 \text{ UVP/J}$$

$$T_{eff} = 94\,575 \text{ UVP/J}$$

II.4.5 Trafic de pointe horaire

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

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

- $1/n$: coefficient de pointe pris égale à 0.12 selon la B40.
- Q : est exprimé en UVP/h

$$Q = 0.12 \times 94\,575 = 11\,349 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 11\,349 \text{ uvp/h / 2 sens}$$

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

II.4.6 Débit horaire admissible

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

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th} \text{ (UVP/h)}$$

Tel que :

- K_1 : Coefficient lié à l'environnement (tableau 3) ;
- K_2 : Coefficient de réduction de capacité (tableau 4) ;
- C_{th} : Capacité effective qu'un profil en travers peut écouler (tableau 5)

Nous avons :

$$E2 \rightarrow K_1 = 0.85$$

$$\begin{cases} C1 \\ E2 \end{cases} \rightarrow K_2 = 0.99$$

Notre route est une autoroute donc la capacité théorique est :

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

Donc :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ UVP/h par voie}$$

$$Q_{adm} = 1515 \text{ UVP/h par voie}$$

Tableau 2 : Valeur de K1 en fonction de l'environnement. (B40)

Environnement	k_1
E_1	0.75
E_2	0.85
E_3	0.90 - 0.95

Tableau 3 : Valeur de K2 en fonction de l'environnement et de la catégorie de la route. (B40)

k_2	Environnement	Catégorie de la route				
		1	2	3	4	5
	E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
	E_3	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Tableau 4 : Capacité des routes en uvp/h. (B40)

Nature de la route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Routes à 3voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussée séparées	1500 à 1800 uvp/h

II.4.7 Calcul du nombre de voies

$$N \times Q_{adm} \geq Q \rightarrow N \geq Q/Q_{adm}$$

Un coefficient « S » traduisant la dissymétrie du trafic dans les deux sens est appliquée à la relation précédente, en général égale à 2/3. (B40)

$$N \geq s \frac{Q}{d} = \frac{2}{3} \times \frac{Q}{Q_{adm}}$$

Nous avons :

$$Q = 11\,349 \text{ uvp/h/2sens} = 5675 \text{ uvp/h/sens}$$

$Q_{adm} = 1515 \text{ UVP/h par voie}$

Donc :

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{5675}{1515} = 2.497$$

$$N = 3$$

Donc le nombre de voie par sens est de trois (**n = 3 voies par sens**), le profil de notre tronçon est : **2×3 voies**.

II.4.8 Calcul de l'année de saturation

- Calcul du trafic effectif à l'an 2019

$$T_{eff}(2019) = [(1 - 0.35) + 4 \times 0.35] \mathbf{16000} = 32800 \text{ UVP/J/2sens}$$

- Calcul du débit horaire à l'an 2019

$$Q_{2019} = \left(\frac{1}{n}\right) T_{eff}(2019) = 0.12 \times 32800 = 3936 \text{ UVP/h/2 sens}$$

- Calcul du débit saturation

$$Q_{sat} = 3 \times Q_{adm} = 6 \times 1515 = 9090 \text{ UVP/h/2sens}$$

Et

$$Q_{sat} = (1 + \tau)^n Q_{2019} = 3 \times Q_{adm} \Rightarrow n = \frac{\ln \frac{3 \times Q_{adm}}{Q_{2019}}}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln \frac{9090}{3936}}{\ln(1 + 0.04)} = 21.32 \approx 22$$

D'où l'année de saturation est $2019 + 22 = \mathbf{2041}$

Donc la route est bien dimensionnée.

II.5 Conclusion

Le profil en travers de notre projet autoroutier est constitué de deux chaussées séparées comportant chacune 3 voie de largeur de 3.5 m.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul

TJMA 2012 (V/J/2 sens)	TJMA 2019 (V/J/2sens)	TJMA 2039 (V/J/2 sens)	T eff (uvp/j/2sens)	Q (uvp/h/2sen s)	Nombre de Voies/sens	Largeur de la voie (m)
16000	21 055	46 134	94 575	11 349	3	3.5

Etude géométrique

III. Etude géométrique

Introduction

La route est un ouvrage spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route :

- Tracé en plan ;
- Profil en long ;
- Profil en travers.

III.1 Tracé en plan

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

III.1.1 Définition

Il représente la projection en plan de l'axe de la route sur une carte topographique, constitué par des alignements droits raccordés par des courbes à l'aide de clothoïde qui assurent un raccordement progressif. Il est caractérisé par une vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier qui doivent assurer les conditions de sécurité, de stabilité et de confort des usagers de la route.

III.1.2 Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes, on doit respecter certaines recommandations (B40) :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- 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, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais ;
- 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.

III.1.3 Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est une succession de droites (alignements droits), de courbes en arcs de cercle (raccordements courbes) et de courbes en raccordement progressifs.

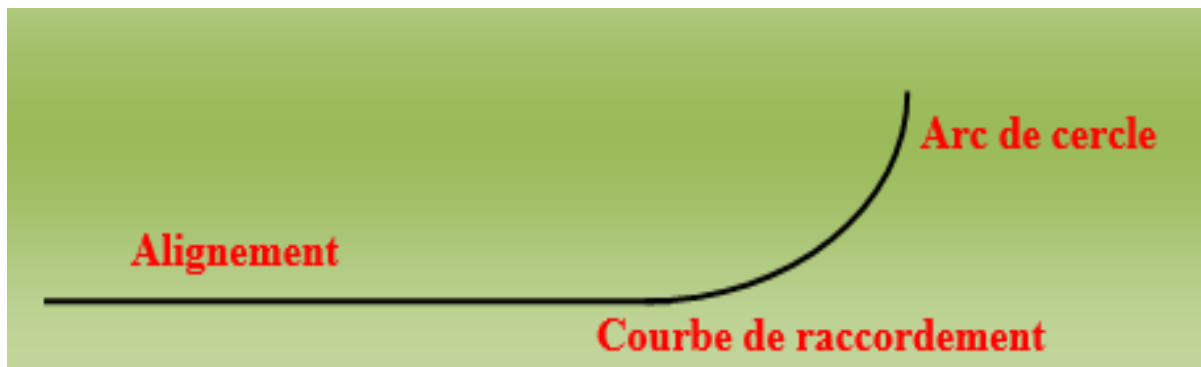


Figure 11 : Eléments constitutifs d'une route

III.1.3.1 Les alignements droits

Une longueur minimale d'alignement l_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

$$L_{min} = 5 \frac{V_B}{3.6} \quad \text{avec : } V_B \text{ en (km/h)}$$

- Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

La longueur maximale l_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max} = 60 \frac{V_B}{3.6} \quad \text{avec : } V_B \text{ en (km/h)}$$

Pour la conception du tracé en plan de notre projet, nous avons une vitesse de base (référence) de :

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

Donc :

$$L_{min} = 5 \times \frac{100}{3.6} = 138,88 \approx \mathbf{139 \text{ m}}$$

$$L_{max} = 60 \times \frac{100}{3.6} = 1666.66 \approx \mathbf{1667\ m}$$

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, les cas particulier suivants sont à éviter :

- Réunion de deux longues courbes par un alignement court.
 - Alignement à supprimer.
- Réunion de deux longues alignements par une courbe courte c'est-à-dire de faible rayon.
 - Augmenter le rayon de sa courbe.

III.1.3.2 Arcs de cercle (rayons en plan)

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe (B40) :

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

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

Remarque

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).
- Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).

Au devers maximum d_{max} correspond le rayon minimum absolu RHm avec :

- $d_{max} = 7\%$ pour les catégories (1– 2) ;
- $d_{max} = 8\%$ pour les catégories (3– 4) ;
- $d_{max} = 9\%$ pour la catégorie 5.

III.1.3.2.1 Rayon horizontal minimal absolu

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 devers maximal (B40).

$$R_{Hm} = \frac{V_B^2}{127(f_t + d_{max})}$$

- f_t : Coefficient de frottement transversal (tableau 6)

Tableau 6 : Valeurs des coefficients de frottement (B40)

Catégorie	V (Km/h)	120	100	80	60	40
cat 1-2	fL	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45
	ft	0.1	0.11	0.13	0.16	0.2
Cat 3-4-5	fL	0.36	0.4	0.43	0.46	0.49
	ft	0.11	0.125	0.15	0.18	0.22

La vitesse de base de notre projet est :

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

Donc :

$$RHM = \frac{100^2}{127(0.11 + 0.07)} = 437.4 \approx \mathbf{438 \text{ m}}$$

III.1.3.2.2 Rayon minimal normal

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre aux véhicules dépassant V_B de 20 km/h de rouler en sécurité, sans dépasser 120km/h selon la (B40) et 130 selon ICTAAL.

Le devers associé = $d_{max} - 2\%$

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127(ft + d_{max} - 2\%)}$$

Nous prenons, $f_t = 0.11$ correspondant à $V=100$ km/h

Donc :

$$RHN = \frac{(100 + 20)^2}{127(0.11 + 0.05)} = 708 \text{ m}$$

III.1.3.2.3 Rayon au dévers minimal

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage de telle façon que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (B40).

Dévers associé : $\begin{cases} d_{min} = 2.5\% \text{ en catégorie } 1 - 2 \\ d_{min} = 3\% \text{ en catégorie } 3 - 4 \end{cases}$

$$RHD = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

AN :

$$RHD = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = \mathbf{1575 \text{ m}}$$

III.1.3.2.4 Rayon minimal non déversé

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd) (B40).

$$\begin{cases} RHnd = \frac{V_B^2 V b^2}{127 \times 0.035} \rightarrow \text{Cat 1 - 2} \\ RHnd = \frac{V_B^2}{127 (f' - d_{\min})} \rightarrow \text{Cat 3 - 4 - 5} \end{cases}$$

Avec :

- $f' = 0.07$ cat 3
- $f' = 0.075$ cat 4 - 5

Comme notre projet est de catégorie 01, donc ;

$$RHnd = \frac{100^2}{127 \times 0.035} = \mathbf{2250 \text{ m}}$$

Règles pour l'utilisation des rayons en plan

1. On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.
2. Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm. On utilise autant que possible des valeurs de rayons \geq RHN.
3. Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers **interpolé linéairement** en $1/R$ et arrondi à 0,5 % près
 - Entre d_{\max} et d (RHN) si $RHm < R < RHN$.

$$d = d_{\max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{\max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

- Entre d (RHN) et d_{\min} si $RHN < R < RHd$.

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- Tous les rayons déversés < RHnd sont munis de courbes de raccordement progressif. Les rayons > RH nd peuvent être munis de courbe de raccordement progressif.
- Un rayon RHm doit être encadré par RHN.
- Tout arc de tracé de longueur supérieure à 400 m présentant simultanément RH > 1.400 m et RV > 10.000 m (angle saillant) est assimilé à un grand alignement. Aux extrémités d'un tel arc les véhicules rapides peuvent atteindre $V_B + 40$ (limitée à 120 Km/h).

Aux extrémités d'un grand alignement droit, on prévoira des arcs de rayons en plan au moins égaux à RHm ($V_r + 40$) sans dépasser RHm (120).

Pour notre cas, notre projet se situe dans un environnement E2 et classé en catégorie 2 (C2) avec une vitesse de base $V_b=100\text{km/h}$, le règlement (B40) préconise les rayons suivants pour une vitesse de base de 100 km/h.

Tableau 7 : Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par le (B40)

Paramètres	symboles	Valeurs (B40)	Valeurs calculées
Vitesse (Km /h)	Vb	100	100
Rayon horizontal min (m)	RHm (7%)	450	450
Rayon horizontal normal (m)	RHn (5%)	650	756
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1600	1575
Rayon horizontal non déversé(m)	RHnd(-2.5%)	2200	2250

Exemple de calcul du divers pour R = 500 m :

Nous avons R compris entre RHN et RHM, donc :

$$RHm = 438m < R = 500 m < RHN = 708m$$

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

$$d = 7 + \left(\frac{1}{500} - \frac{1}{438} \right) \frac{7 - 5}{\frac{1}{438} - \frac{1}{708}}$$

$$d = 6.35\%$$

III.1.3.3 Les raccords progressifs (Clothoïde)

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R = \infty$ jusqu'à $R = \text{constant}$), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers de véhicule.
- La transition de la chaussée.
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III.1.3.3.1 Expression de clothoïde

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A = \sqrt{RL}$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

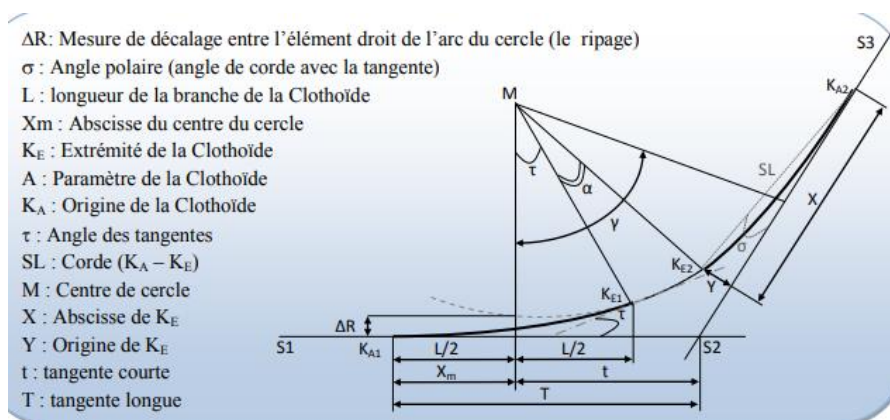


Figure 12 : les caractéristiques d'une clothoïde

III.1.3.3.2 Les conditions de raccordement

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante:

a) Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil (B40).

On a :

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

$$\tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{rad} \rightarrow L \geq \frac{R}{9} \quad \text{soit} \quad A \geq R/3 \quad R/3 \leq A \leq R$$

Pour $R = 500 \text{ m}$.

$$\frac{500}{3} = 166.67 \leq A \leq 500$$

- Pour $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1 \text{ m}$ (éventuellement 0.5 m) d'où $L = (24 R \Delta R)^{1/2}$
- Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est - à - dire $L = R/9$
- Pour $R > 5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5 m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

Cas du $R = 500 \text{ m} < 1500$ donc : $L = (24 R \Delta R)^{1/2} = \sqrt{24 \times 500} = 109.54 \text{ m}$

b) Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule (B40),

On opte :

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

Avec :

- V_B : vitesse de base (Km/h)
- R : rayon en mètre (m)
- Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%)

c) Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des devers. Elle s'exprime dans le rapport à son axe par :

$$\frac{\Delta d \% \times l}{100 \times L} \leq \Delta P \quad \text{et} \quad \Delta P = \frac{0.5}{V_B} \quad \text{soit} \quad L \geq \frac{l V_B \Delta d \%}{50}$$

- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- ΔP : pente relative du profil en long au bord de la chaussée déversée par rapport à son axe.
- Δd : Variation de devers
- V_r : vitesse de référence (km/h).

Remarque :

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

$$L \geq 5/36 (\Delta d . Vb)$$

III.1.4 Conception du tracé en plan de notre projet

Dans le cas de notre projet, tous les calculs sont effectués automatiquement à l'aide de logiciel **piste5**, les résultats sont détaillés dans l'annexe 01.

❖ Etape 01 : création du fond de plan**1. Construction du terrain**

- Ouvrir le logiciel piste en cliquant dessus → fichier → nouveau → fond de plan TPL(seg) → dans le même fichier piste ou nous avons enregistré le levé topographique sous forme DXF → nommer dans notre cas « terrain mémoire » → ok.
- Chargement du fichier géométrique en cliquant : Fichier → Lire → Levé (le non donnée aux points topographiques). Ouvrir → ok → ok.
- On obtient par la suite le nuage de points qui vont représenter notre terrain :

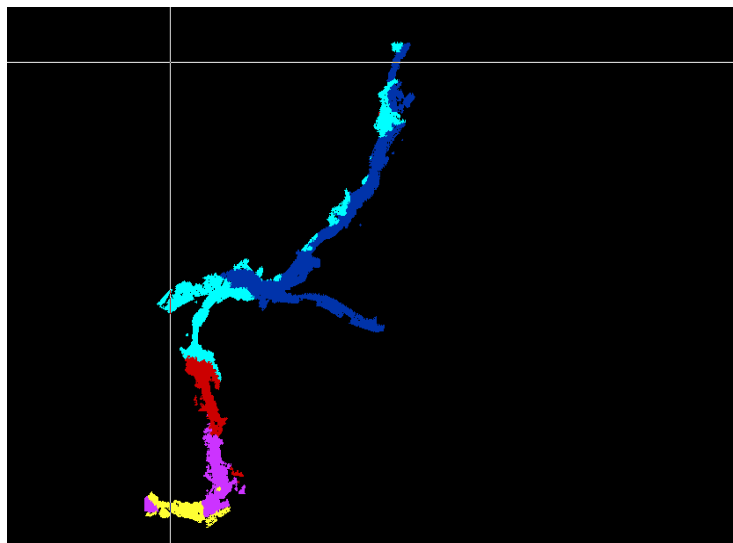


Figure 13 : nuage de points (points du topographique)

2. Triangulation du terrain

Une fois la structure effectuée, nous lançons la triangulation qui consiste à déterminer, pour tous les points, des facettes triangulaires qui modélisent les sommets.

- Calcul → triangulé →oui.

3. Calcul des courbes de niveau

Les courbes de niveau sont des courbes reliant les points de la carte ayant la même altitude :

- Calcul → courbe de niveau → choisir la valeur du pat (ex : 20 m) →ok.

4. Calcul des Points hauts et bas

- Calcul → Points hauts et bas.

Une fois que toutes ces étapes sont effectuées, nous obtenons le fond de plan suivant:

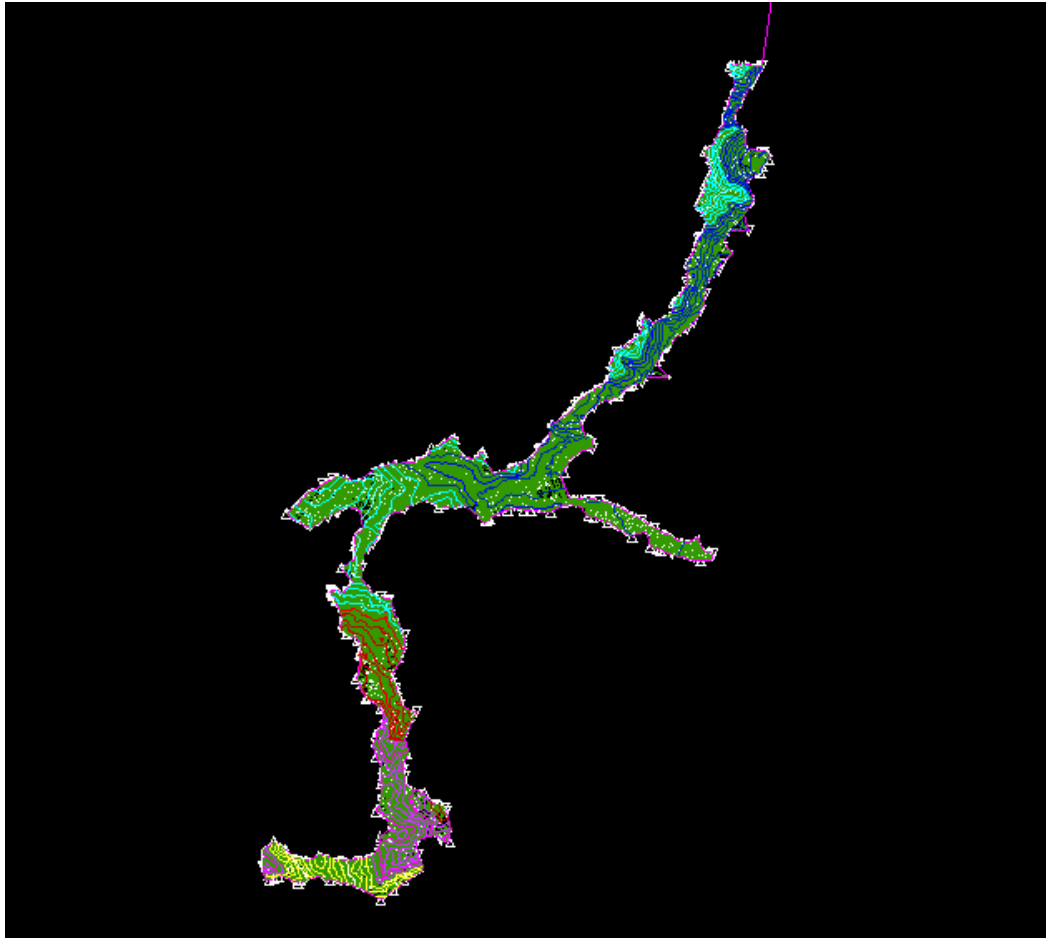


Figure 14 : fond de plan

❖ **Etape 02 : _Conception plane**

- Fichier → nouveau → conception plane → créer un nouveau fichier nommée (conception plane mémoire) → ouvrir fichier → fond de plan → Terrain → ouvrir
- Bouton droit → Zoom tout.

❖ **Etape 03 : Définition de l'axe en plan**

1. *Construction des éléments de l'axe*

- **Les points** : Élément → point → nom d'élément → saisir le nom d'élément dans la boîte de dialogue (P1, P2, ...) → graphiquement → on place le point → exécuter

- **Les droites** : Elément → droite → nom d'élément → saisir le nom dans la boîte de dialogue point → sélectionner graphiquement les deux points que relie la droite → exécuter.
- **Valeur des rayons** : Elément → distance → nom d'élément → saisir R1 saisir → entrer la valeur du rayon → exécuter.
- **Création d'une liaison** : Elément → liaison → nom d'élément → saisir sélectionner les deux droites à raccorder sélectionner la distance (rayon) → ok.
- **Création de l'axe en plan** : Elément → axe → Nommer l'axe (axe1) → point p1 → fin automatique.

Ces différentes étapes sont représentées dans la figure qui suit :

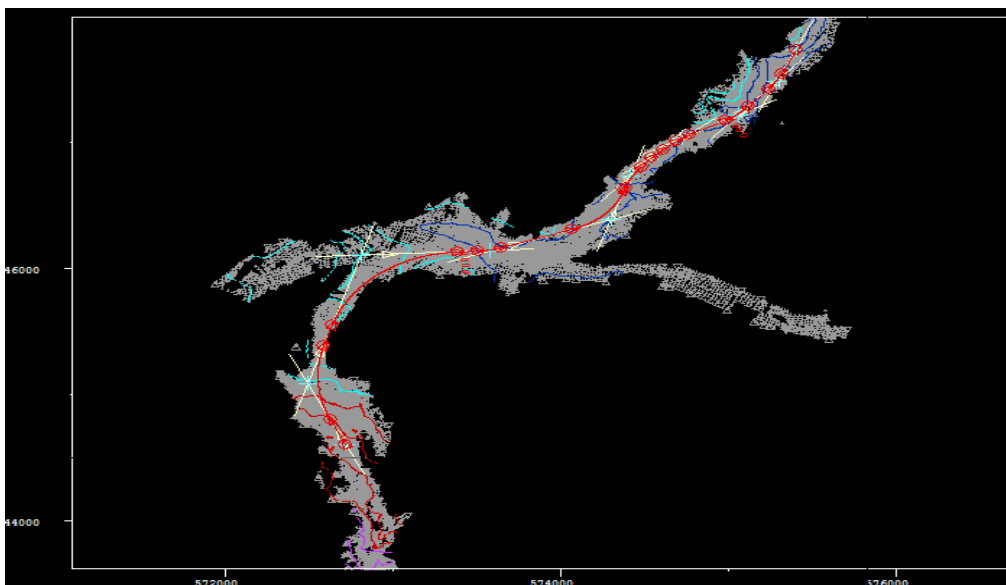


Figure 15 : tracé en plan

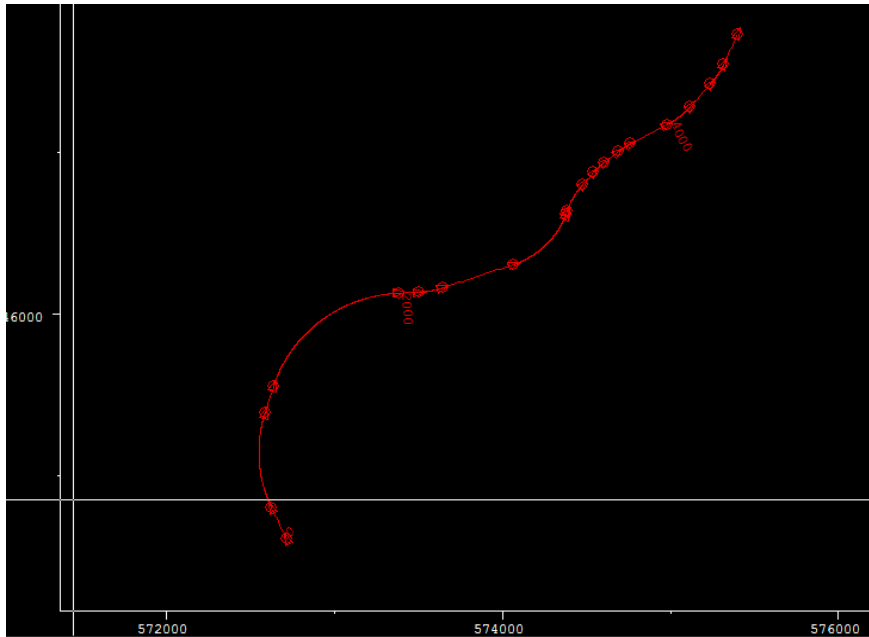


Figure 16 : tracé en plan

2. *Tabulation de l'axe*

Calcul → Zone → Axe → on saisit Ax 0 20 → Exécuter.

Calcul → Tabuler Axe → Ax → création pis → Exécuter

NB : L'introduction des valeurs 0 à 20 permet au logiciel de donner des résultats des profils chaque 20 mètre.

3. *Interpolation de l'axe*

Fichier → ouvrir → Fond de plan TPL(seg) → ok → ouvrir.

Calcul → interpolation → Axe projet → ouvrir → ok.

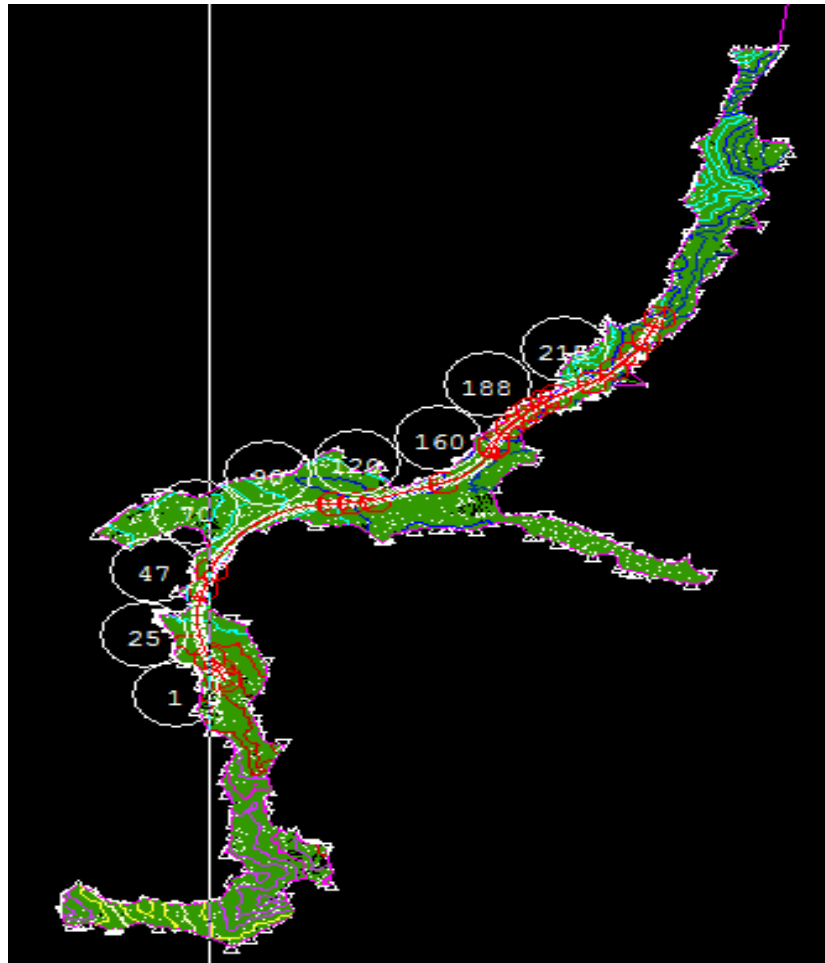


Figure 17 : interpolation de l'axe

III.2 Profil en long

III.2.1 Définition

Le profil en long est une succession d'alignements droits (rampes et pentes), raccordés par des courbes circulaires. Il représente une coupe verticale passant par l'axe de la route.

Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer :

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

III.2.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Le tracé du profil en long doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux, pour cela il faut respecter certaines règles pratiques régissant celui-ci :

- Respecter les normes du B40 (déclivités max et min).
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Suivre le terrain naturel pour limiter les volumes des déblais et remblais et les équilibrer afin de minimiser le cout.
- Coordonner entre le profil en long et le tracé en plan.
- Eviter de placer un point bas du profil en long dans une zone de déblais et il est aussi contre indiqué de prévoir un remblai dans un point haut du profil en long.
- Assurer une circulation sans gêne due au trafic du poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possibles aux valeurs des normes, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds.
- Assurer l'évacuation des eaux de la plateforme dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.

III.2.2.1 Coordination du Tracé en Plan et du Profil en Long

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

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un légallement latéral important ;
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : **R vertical > 6R horizontal**, pour éviter un défaut d'inflexion ;
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

III.2.2.2 Déclivité

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

III.2.2.2.1 Déclivité minimale

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la chaussée.

Déclivité maximale

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au niveau de service.

Selon (B40) :

E2 }
C2 } p=5%

III.2.2.3 Raccordement en profil en long

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

On distingue deux types de raccordement :

III.2.2.3.1 Raccordement convexes (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 3 conditions :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.
- Condition d'esthétique.

1) *Condition de confort*

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

$\ll g \mathbf{40}$ (Catégorie 1-2) et $\gg g \mathbf{30}$ (Catégorie 3-4-5),

le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$R_V \geq 0.3V_B^2 \rightarrow$ (Catégories 1 – 2).

$R_V \geq 0.23V_B^2 \rightarrow$ (Catégories 3 – 4 – 5).

Avec :

R_V : le rayon vertical (m). **V_B** : Vitesse de référence (km/h).

Dans notre cas, nous avons $V_B=100$ km/h

$$R_V \geq 0.3 \times 100^2 = 3000 \text{ m}$$

2) Condition de visibilité

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition de confort. il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante:

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

Avec :

d_1 : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Exemple de calcul :

Calcul de la distance de visibilité d_1 :

$$d_1 = \frac{4}{1000} \frac{V^2}{(f_l \pm \frac{i}{100})} + \frac{V_B \times t}{3.6}$$

$$d_1 = \frac{4}{1000} \frac{100^2}{(0.36 \pm \frac{0.5}{100})} + \frac{100 \times 1.8}{3.6} \approx 111 \text{ m}$$

Donc :

$$R_V = \frac{111^2}{2(\sqrt{1.1} + \sqrt{1.2})^2} = 28\,325 \text{ m}$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse base et la catégorie pour le choix bidirectionnel et pour une vitesse de base $V_R = 100$ Km/h et pour la catégorie C1, dans le tableau ci –après (B40).

Tableau 8: valeur des rayons des angles saillants (B40)

Angles saillants	Valeur des rayons
Rayon minimal absolu (RVm2)	10000
Rayon minimal normal (RVN2)	10000
Rayon assurant distance (RVD)	20000
Visibilité de dépassement	

3) Condition d'esthétique

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ 'spécial échangeur'.

$$R_{vm} = 100 \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec :

- Δd : changement de dévers (%).
- R_{vmin} : rayon vertical minimum (m).

III.2.2.3.2 Raccordement concaves (angles 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 satisfaisant la relation :

$$R_{v'} = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035d_1}$$

Exemple de calcul de $R_{v'}$:

$$R_{v'} = \frac{111^2}{1.5 + 0.035 \times 111} = 2288 \text{ m}$$

Pour une chaussée bi directionnelle avec une vitesse $V_r = 100$ Km/h et catégorie C1 on le tableau suivant (B40) :

Tableau 9: valeurs de rayons des angles rentrants (B40)

Angles rentrant	Valeurs des rayons
Rayon minimal absolu ($R'V_m$)	3000
Rayon minimal normal ($R'VN$)	4200

Application au projet

La conception longitudinale

Fichier → nouveau → conception longitudinale → nommer profil en long → ouvrir.

Fichier → fond de plan → ok.

Calcul → interpoler → tab → ouvrir → ok

Fichier → ouvrir → cons long → fond de plan → ok

Fichier → projet piste → tab → ouvrir

- Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phase de conception pour les points et les droites.

Pour la distance, nous saisissons que les valeurs (R_1, R_2, \dots etc.)

Distance → choisir une valeur de R → exécuter (échappe).

Parabole → nom d'élément : para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe → Point P1 → Fin automatique → exécuté.

Zone → 0 20 → exécuter

Calcul → Tabuler un axe → compléter.

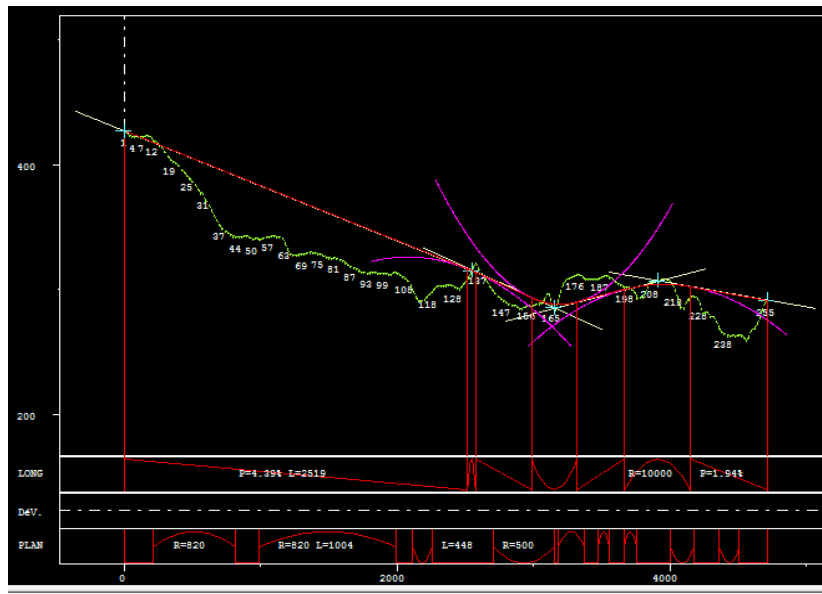


Figure 18:profil en long

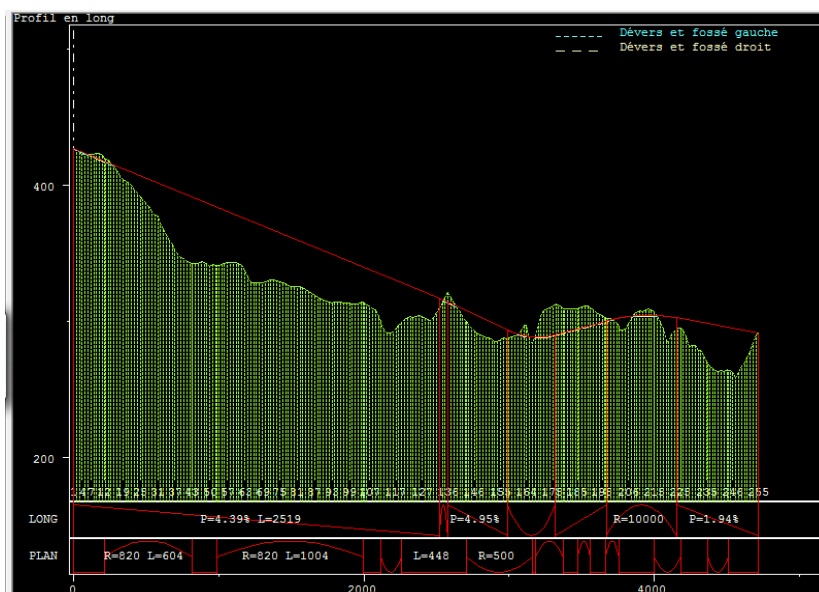


Figure 19:profil en long

Les contraintes

Nous avons essayé de tracer la ligne rouge tout en respectant les règles et les normes tirées du B40, les principales contraintes rencontrées concernent les pentes qui ne doivent pas dépasser la valeur max de 5%.

Droite : D4 Parabole : PR3 Droite : D5 Point : P5 PROFIL EN LONG				
Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			0.000	427.007
D1	PENTE= -4.574 ‰	2528.122	2528.122	311.376
PR1	SS= 2720.220 ZS= 306.983 RS = 4200.000	8.136	2536.258	311.012
D2	PENTE= -4.380 ‰	460.354	2996.613	290.848
PR2	SS= 3180.575 ZS= 286.819 RS = 4200.000	317.715	3314.327	288.949
D4	PENTE= 3.185 ‰	364.570	3678.898	300.559
PR3	SS= 3997.356 ZS= 305.630 RS = -10000.000	555.864	4234.762	302.812
D5	PENTE= -2.374 ‰	479.402	4714.164	291.430
LONGUEUR DE L'AXE 4714.164				

Figure 20: caractéristiques du profil en long

III.3 Profil en travers

III.3.1 Définition

Le profil en travers est défini comme étant la coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe du projet.

La détermination du profil en travers constitue à définir la largeur de la chaussée et ses annexes, On distingue trois types de profils en travers :

- Profil en travers en déblai.
- Profil en travers en remblai.
- Profil en travers mixte (remblai et déblai).

III.3.2 Les éléments du profil en travers

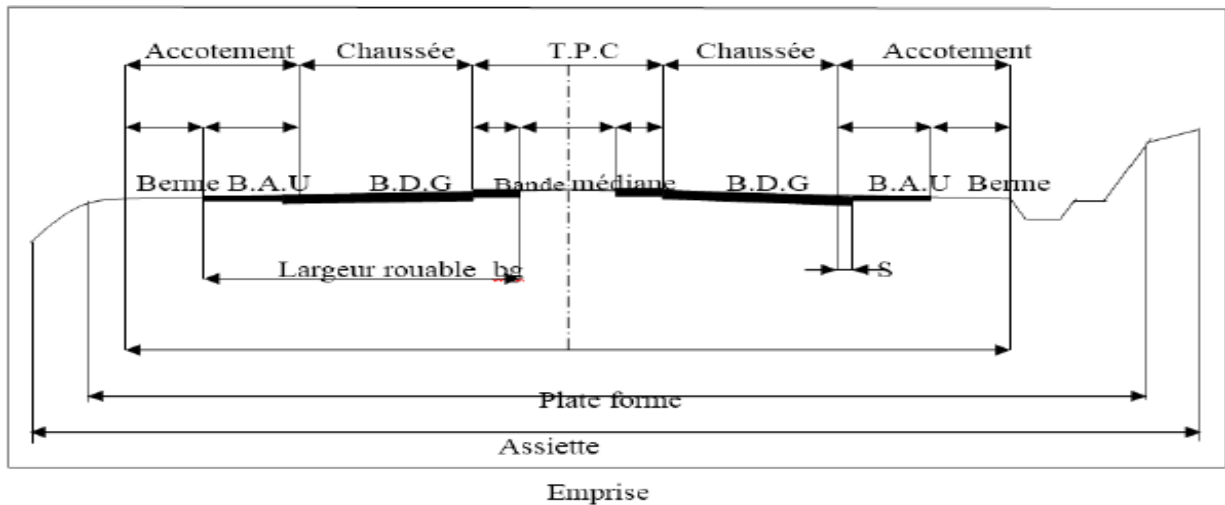


Figure 21: Éléments du profil en travers

- **L'emprise de la route** : c'est la surface du terrain naturel affectée à la route et ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...) limitée par le domaine public.
- **L'assiette de la route** : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **Plateforme** : C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.
- **Chaussée** : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Le terreplein central assure la séparation des deux chaussées d'une route, installé à la partie centrale pour assurer l'espacement latéral au long de la route et composé de la bande dérasée et du séparateur central.
- **Bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.
- **Bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme :

- ✓ **Bande d'arrêt d'urgence** : Elle sert à l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- ✓ **La berme** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route, les talus et les eaux de pluie.

III.3.3 Profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessiné dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

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

Profil en travers de notre tronçon est constitué de :

- Deux chaussées de 3 voies avec une largeur totale de 10.5m chaqu'une.
- Une terre plane centrale de 3m.
- Une bande d'arrêt d'urgence de 2.5m.

III.3.4 Application au projet **logiciel piste**

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

Première étape : conception transversale

Conception transversale → nom de fichier piste (profil type) →ok.

L'image ci-après représente le profil en travers type :

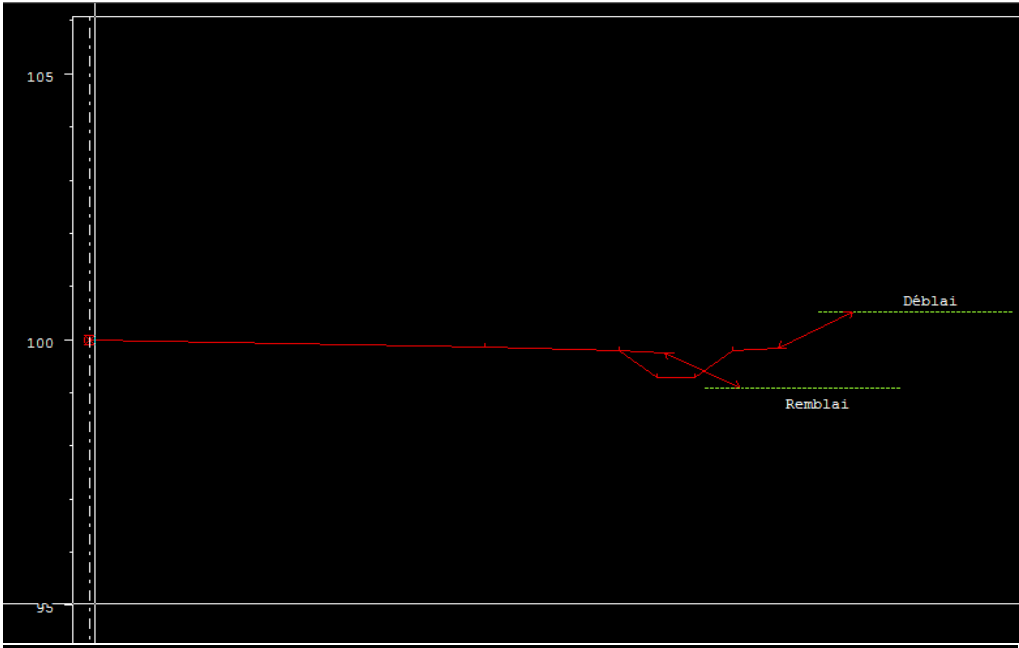


Figure 22:Profil en travers type

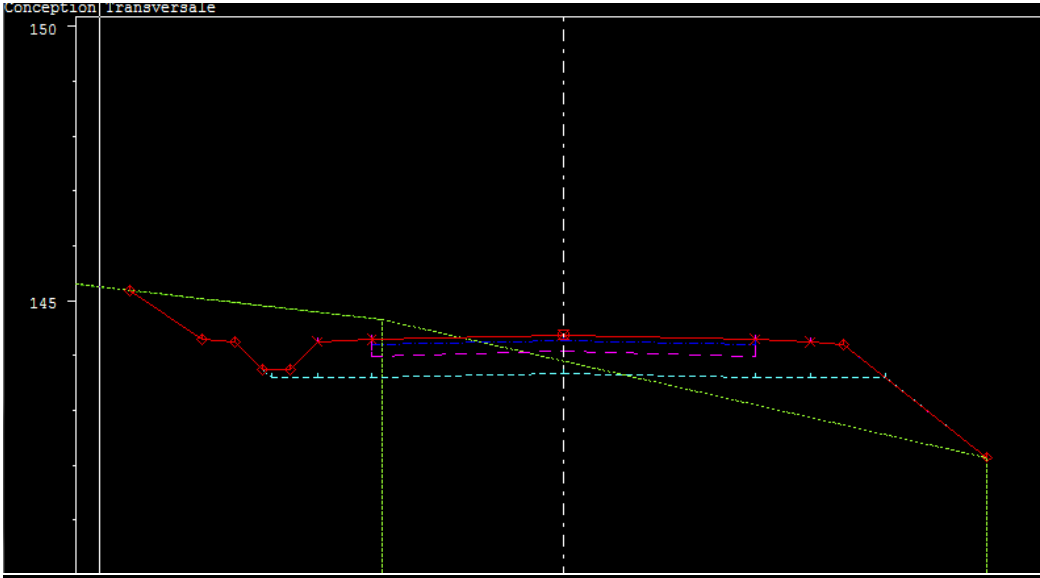


Figure 23:Profil en travers du projet

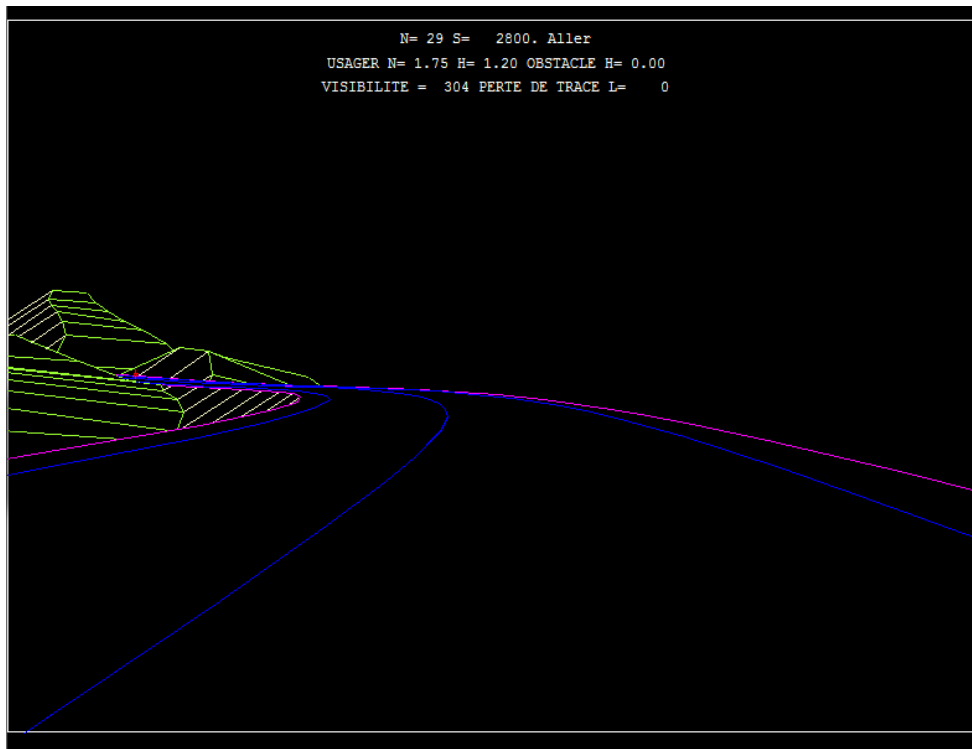


Figure 24: Perspective de la route

III.3.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons pu voir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers ainsi que les conditions à respecter pour avoir ces tracés. Nous avons aussi tout au long de ce chapitre essayé de faire comprendre le logiciel PISTE tout en injectant les données relatives à notre projet, et en illustrant les étapes par les schémas obtenus sur l'écran. Et aussi les résultats du calcul qui sont joints en annexe ainsi que la perspective du projet qui est illustrée ci-dessous.

Etude des cubatures

IV. Etude des cubatures

IV.1 Introduction

Tout projet de construction nécessite une modification de l'état du terrain naturel, ces actions s'appellent les terrassements. La modification de la forme du sol support comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres « **remblai** », la deuxième consiste à enlever des terres « **déblai** ». Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle : les cubatures des terrassements.

IV.2 Définition

On définit les cubatures des terrassements par le nombre des cubes de déblais et de remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge du projet.

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

IV.3 Méthode de calcul des cubatures

Le logiciel PISTE utilise deux méthodes :

- La méthode linéaire ;
- La méthode de gulden.

IV.3.1 Description des méthodes

IV.3.1.1 Méthode de GULDEN

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

IV.3.2 Méthode linéaire

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en

compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

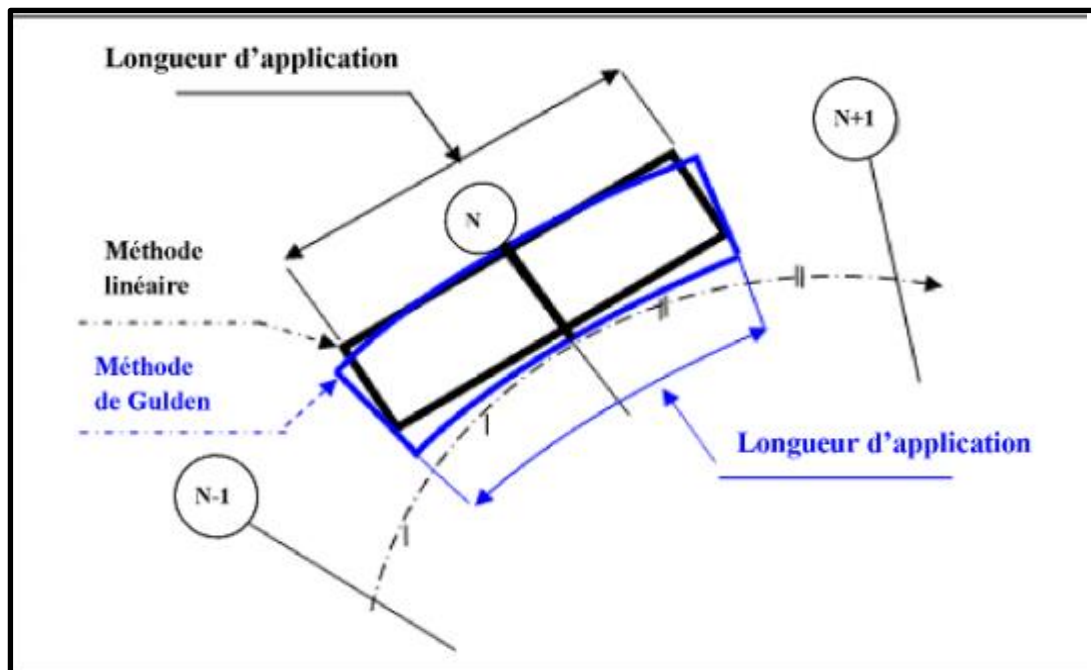


Figure 25:Description de la méthode de Gulden

IV.4 Application au projet

La méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN. Le calcul est effectué à l'aide du logiciel « piste5 » et les résultats obtenus sont joints en annexes.

Ce que l'on peut retenir de ces résultats c'est que :

- Le volume des déblais : $V_d = 374938 \text{ m}^3$
- Le volume des remblais : $V_r = 4090416 \text{ m}^3$

Etude géotechnique

V. Etude géotechnique

V.1 Introduction

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance des terrains traversés, a ce niveau se concrétise le rôle de l'étude géotechnique soit :

- Pour le dimensionnement du corps de chaussé et éventuellement les fondations des ouvrages d'arts prévues dans la phase d'étude.
- Pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquates aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution.

V.2 Objectifs

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

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

V.3 Réglementation algérienne en géotechnique

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques ; par exemple :

- Les essais in-situ : essais préssiométrique, pénétromètre statique et dynamique ...etc.)
- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

V.4 Moyens de reconnaissance

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

- L'étude des archives et documents existants.

- Les visites de site et les essais « in –situ ».
- Les essais de laboratoire.

V.5 Différents essais en laboratoire

V.5.1 Essais d'identification

Les essais d'identification permettent en principe de classer les sols rencontrés au cours d'une campagne de reconnaissance géotechnique en familles pour lesquelles les propriétés mécaniques sont voisines.

V.5.1.1 Essai de laboratoire

V.5.1.1.1 Essais physiques

V.5.1.1.1.1 Teneur en eau

La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

$$W = \frac{E}{P_S} = \frac{P_h - P_S}{P_S} \text{ ou } W\% = 100 \frac{P_h - P_S}{P_S}$$

- E : Poids d'eau dans le matériau ;
- P_S : Poids du matériau sec ;
- P_h : Poids du matériau humide.

V.5.1.1.1.2 Masse volumique apparente, masse volumique des grains (absolue)

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

La masse volumique absolue p_s est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

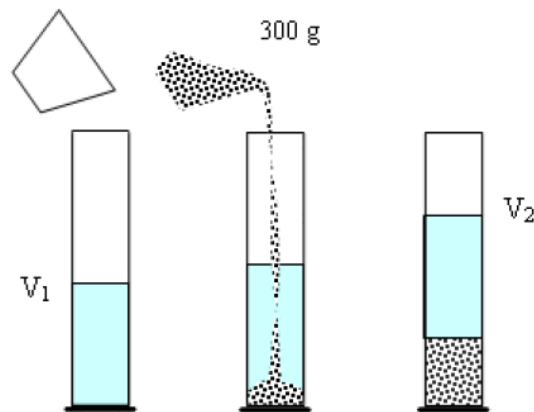


Figure 26: Principe de l'essai de la masse volumique absolue



RÉALISATION DE LA PÉNÉTRANTE RELIANT TIZI-OUZOU
À L'AUTOROUTE EST-OUEST AU NIVEAU DE DJEBAHIA SUR 48 KM

Sondage	Prof. (m)	Unité	Limites d'Atterberg			Granulométries			VBS
			W _L (%)	W _p (%)	I _p (%)	< 2 mm (%)	< 80µ (%)	< 2 µm	
SC-54	17.50 - 17.70	T1 _M	33	19	14	97,3	53,14		2,97
	02.00 - 02.30	T1 _{Mai}	52	23	29	99,24	70,92		4,00
	09.33 - 09.61	T1 _M	45	13	32	99,55	65,03		
	13.36 - 13.70	T1 _M	46	19	27	99,15	58,3		2,75
SC-55	03.00 - 03.45	T1 _{Mai}	45	14	31	93,82	79,9		2,91
	08.40 - 08.70	T1 _M	34	12	22	98,05	56,81		3,00
SC-55 (2)	10,70 - 11,05	T1 _{Mai}	56	14	42	100	100	5,13	5,25
	11,60 - 12,00	T1 _M	38	7	31	100	100	6,25	3,00
	21,10 - 21,40	T1 _M	42	12	30	99,56	84,18		
SC-16(2)	2,55-2,82	Q _{CE}	31	14	17	92,95	87,39		1,44
	4,50-4,75	Q _{CE}	33	17	16	87,24	69,11		
	7,25-7,50	Q _{CE}	34	17	17	51,21	40,28		
	10,35-10,70	Q _{CE}	31	18	13	71,33	36,36		
	13,68-14,00	PR-SCH	28	21	7	69,38	31,26		
SC-16(3)	3,00-3,45	Q _{CE}	32	19	13				
	6,00-6,35	Q _{CE}	28	14	14				
SC-150	2,60-3,00	Q _{CE}	35	13	22	52,01	32,02	14,29	
	5,40-5,70	Q _{CE}	32	22	10	76,58	52,71	20,02	
	8,05-8,40	Q _{CE}	39	14	25	99,51	94,65	41,11	
	11,20-11,60	Q _{CE}	28	16	12	86,68	40,14	24,75	
	14,20-14,60	Q _{CE}	31	11	20	96,73	69,60	39,52	
	17,90-18,23	Q _{CE}				84,14	48,04		
SC-139	2,70-3,00	Q _{CE}	44	20	24	99,96	92,66	44,89	
	5,80-6,00	T1 _{Mai}	45	16	29	82,46	65,12	44,15	
	6,60-6,80	T1 _{Mai}	46	16	30	100	94,88	47,00	
SC-140	3,00-3,45	Q _A	NM	NM		48,02	27,53		
	6,00-6,23	Q _A	33	14	19	40,06	19,69		
SCP-141	10,70-11,05	T1 _{CG}	41	26	15	99,60	58,65	21,12	3,50
	12,45-13,00	T1 _{CG}	53	27	26	98,78	56,74	20,65	4,48
	14,30-14,50	T1 _{CG}	NM	NM		MAT DUR	MAT DUR	MAT DUR	
	19,00-19,35	T1 _{CG}	51	34	17	98,63	64,71	28,25	3,25
SCP-144	4,22-4,42	T1 _{CG}	29	14	15	72,19			8,00
	8,30-8,55	T1 _{CG}	27,6	14	13,6	62,55			8,00
SCP-145	2,58-2,85	T1 _{CG}	34,2	14,3	20	66,33			

V.5.1.1.1.3 Limites d'Atterberg

Selon sa teneur en eau un même sol fin peut se comporter comme un liquide visqueux (état liquide), un solide plastique (état plastique) ou un solide non plastique.

Les limites d'ATTERBERG les plus utilisées en mécanique des sols sont la limite de liquidité « WL » et la limite de plasticité WP. Elles se mesurent sur le mortier c'est-à-dire la fraction du sol inférieure à 40 µm.

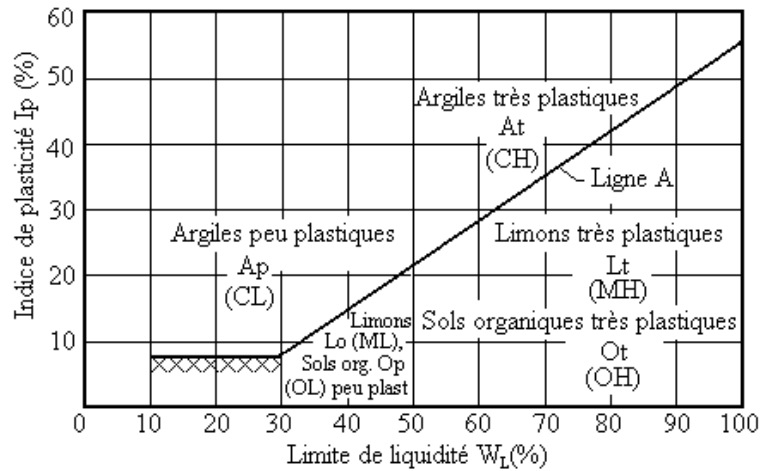
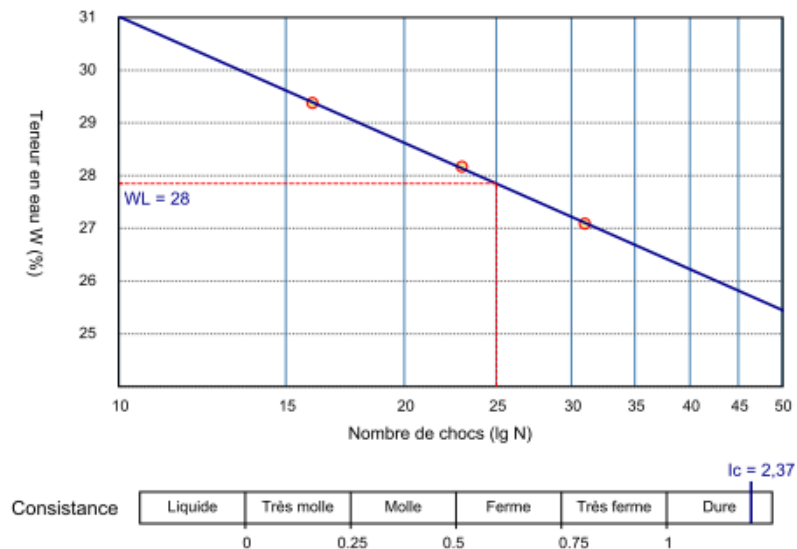


Figure 27 : Diagramme de Casagrande pour la classification des sols fins (Plus de 50% d'éléments < 0,08mm)

Un paramètre important déduit de la connaissance de W_L et W_P est l'indice de plasticité I_p .

$$I_p = W_L - W_P$$



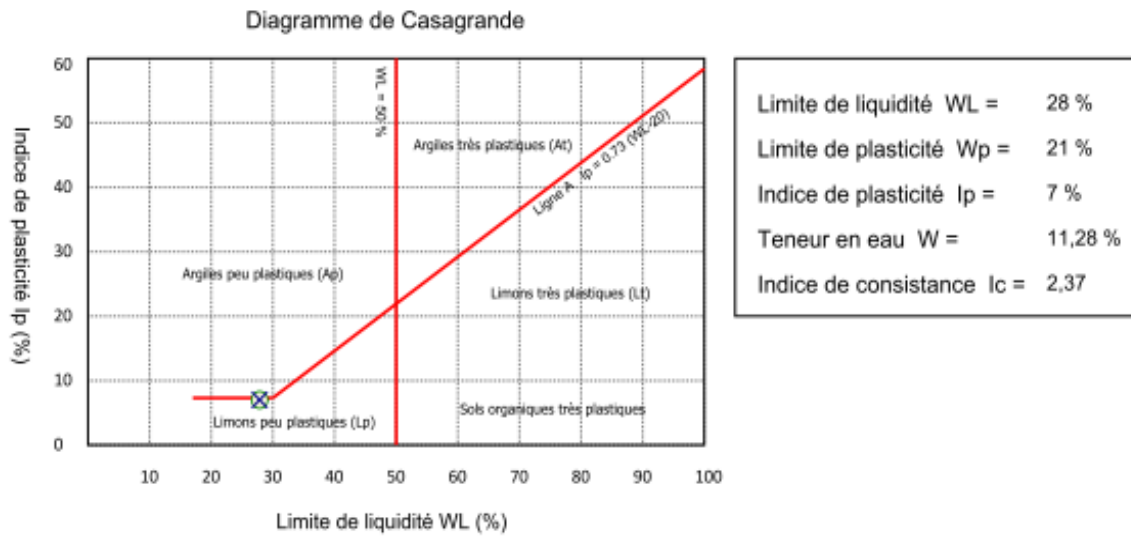


Figure 28 : Résultats de l'essai de Casagrande

V.5.1.1.4 Granulométrie et la sédimentométrie

Ces essais permettent d'obtenir l'analyse granulométrique du sol. La granulométrie se fait par tamisage jusqu'aux grains de 80µ de diamètre.



Figure 29 : Appareillage utilisé dans l'essai granulométrique par tamisage

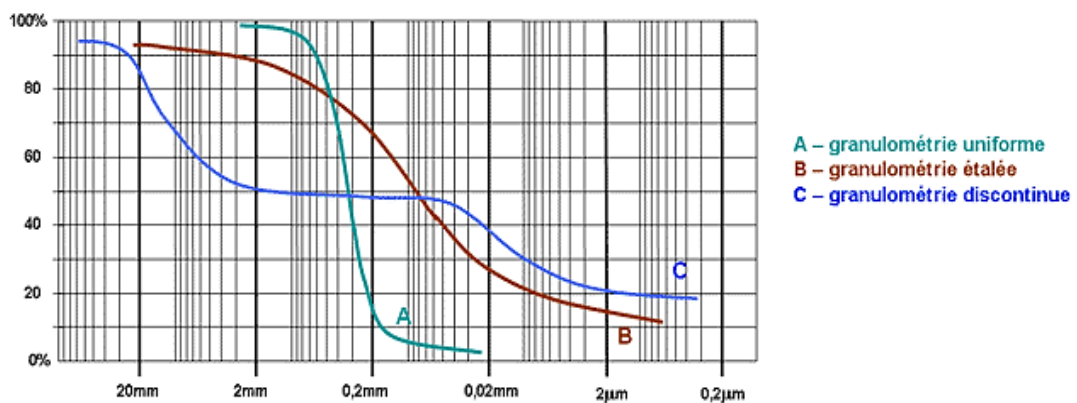


Figure 30 : Exemples des courbes granulométriques

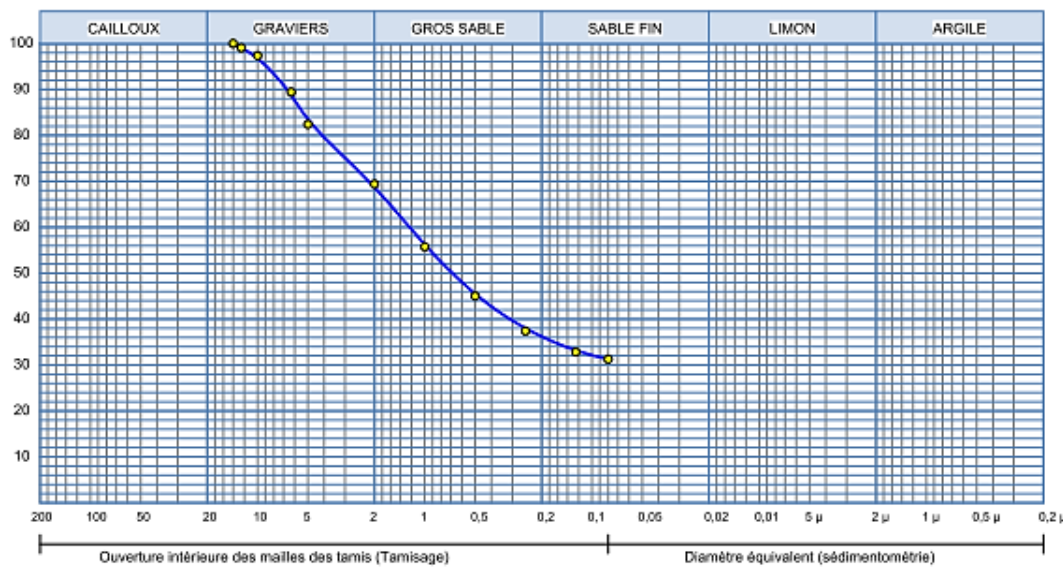


Figure 31 : résultat de l'essai plasticité

La sédimentométrie se fait sur la fraction inférieure à 80 μ par densimétrie. Elle devrait être réservée aux sols fins et posant des problèmes particuliers. Elle consiste à mesurer le temps de sédimentation dans une colonne d'eau. La sédimentométrie permet alors de déterminer la taille des grains très fins (< 0.08 mm) à l'aide de la loi de Stock qui donne une relation entre le diamètre des grains et la vitesse de sédimentation.

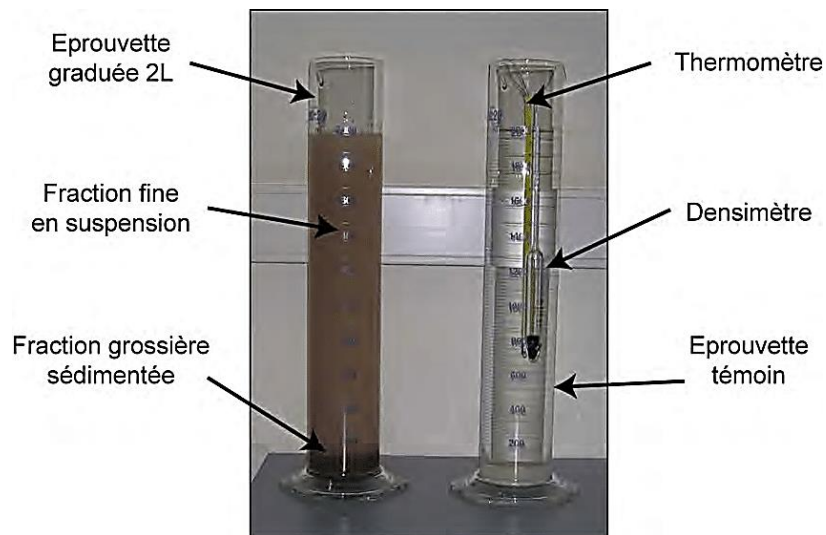


Figure 32 : Essai de la sédimentométrie

V.5.1.1.2 Essais mécanique

V.5.1.1.2.1 Essai œdométrique

L'œdomètre est un appareil de chargement permettant la réalisation de compressions verticales pour lesquelles les déformations horizontales sont empêchées par une bague (moule métallique rigide).

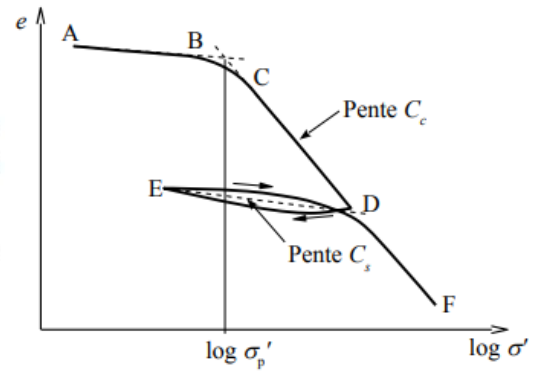
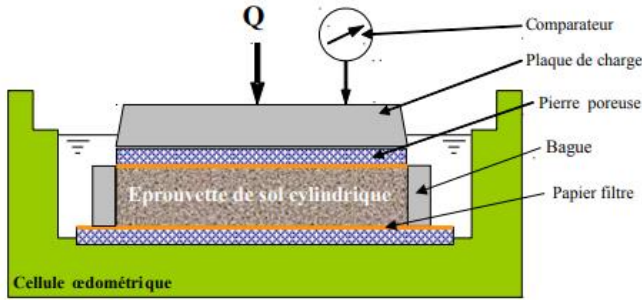
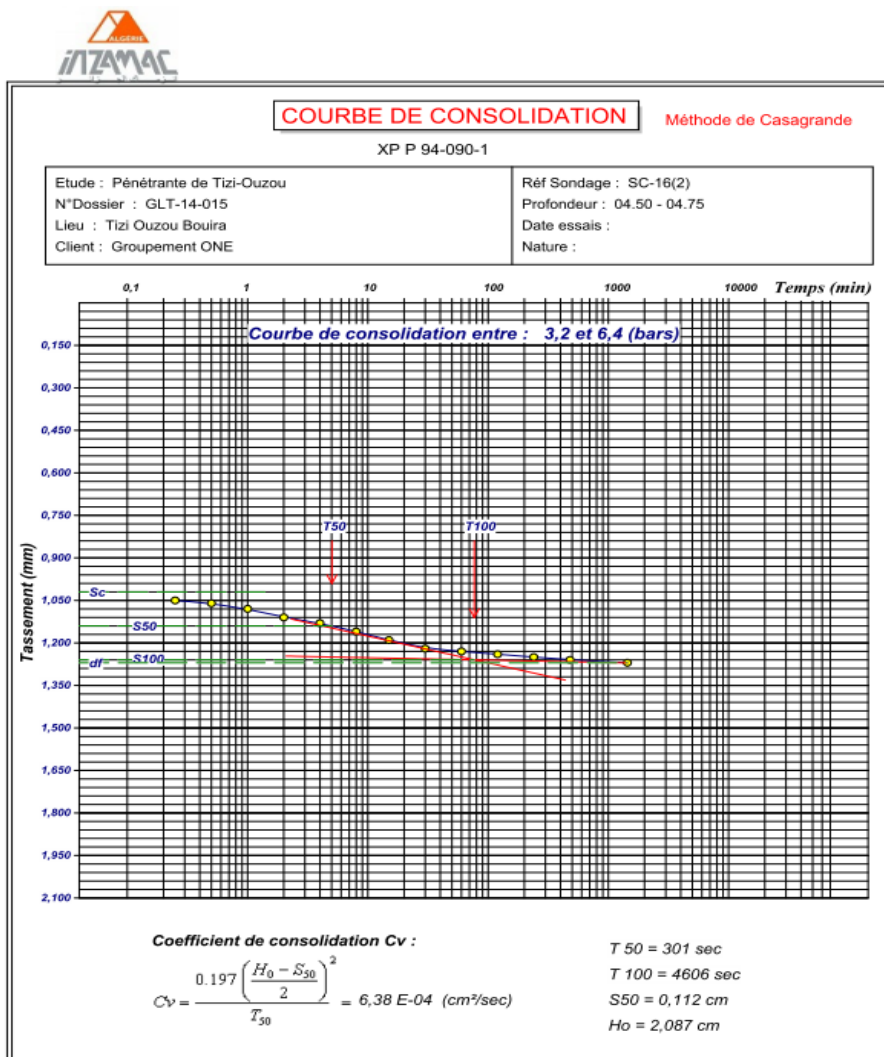
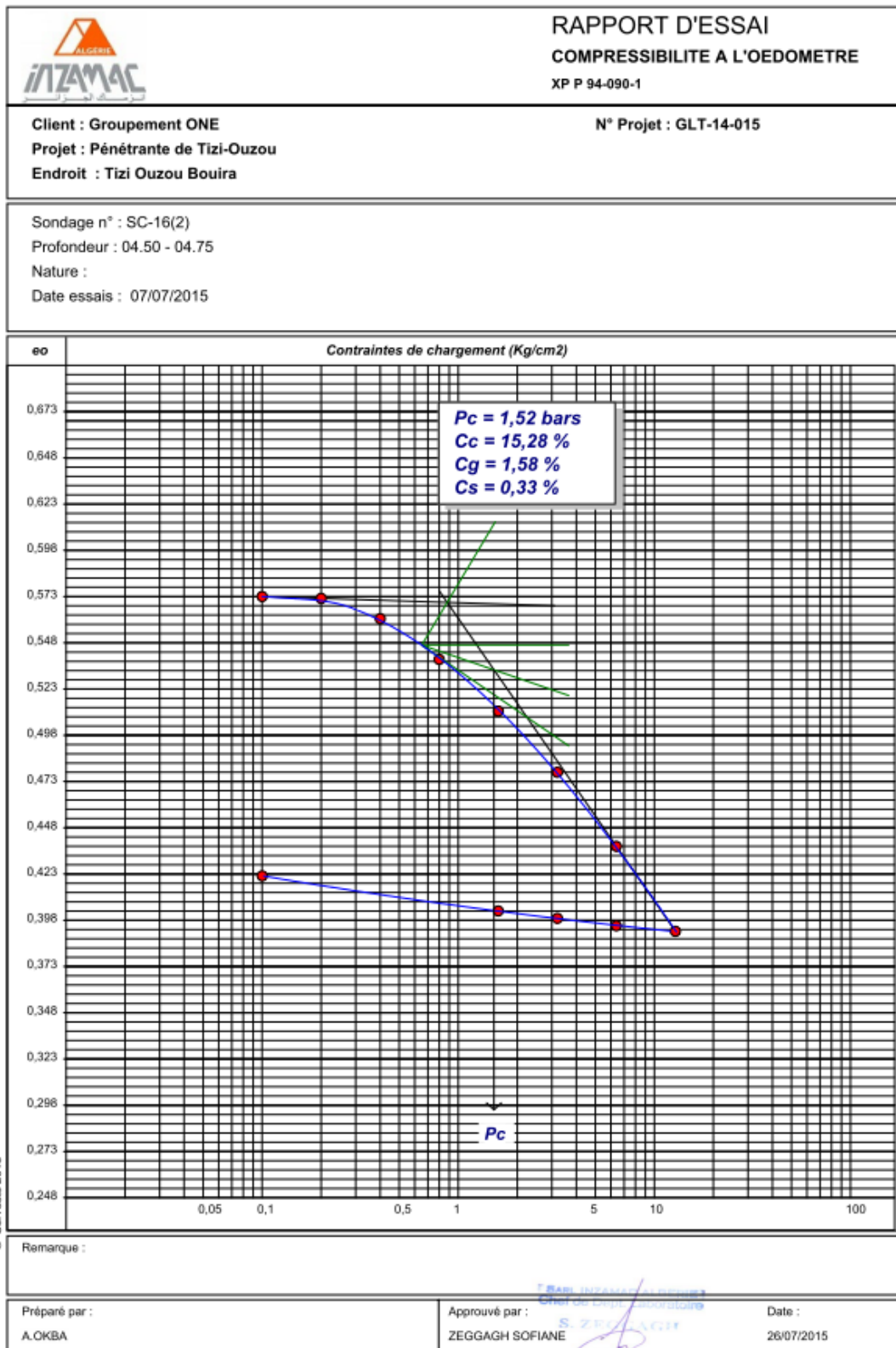


Figure 34 : Cellule œdométrique
Figure 33 : Exemple de résultats œdométrique





V.5.1.1.2.2 Essai Proctor

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « **optimum PROCTOR** ».

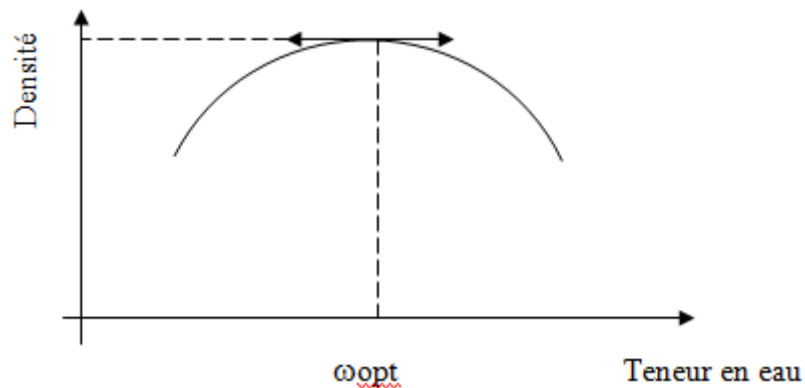


Figure 35 : Courbe Proctor

V.5.1.1.2.3 Essai Proctor modifié

Le compactage est beaucoup plus intense ; il correspond en principe au compactage maximum que l'on peut obtenir sur chantier avec les rouleaux à pieds de mouton ou les rouleaux à pneus lourds modernes. C'est ordinairement par l'**essai Proctor** modifié que l'on détermine les caractéristiques de compactage (teneur en eau optima, densité sèche maxima) des matériaux destinés à constituer la fondation ou le corps de chaussée des routes et des pistes d'aérodromes.



Figure 36 : Appareillage de l'essai Proctor

V.5.1.1.2.4 Essai CRB

L'essai CBR est un essai qui caractérise la portance d'un sol du point de vue routier. Il s'agit d'un essai totalement empirique et qui n'est pas relié aux caractéristiques intrinsèques (ϕ , c) du matériau étudié. L'échantillon de sol étudié est compacté dans un moule (moule CBR $\phi = 15,2$ cm, hauteur :



Figure 37 : Appareille de l'essai CBR

L'indice CBR est aujourd'hui considéré en fait comme un des éléments géotechniques permettant le classement du point de vue de la qualité routière d'un sol.

Il existe, pour un type de sol fin de même origine, une corrélation significative entre indice CBR et caractère d'identification donnée par PELTIER.

$$CBR = \frac{A}{m \times I_p}$$

- m : Pourcentage de mortier du sol ;
- I_p : Indice de plasticité ;
- A : coefficient dépendant de la nature du sol.

D'autres corrélations avancées dans la littérature :

- La relation empirique suivante pour le module dynamique

$$E_{dyn} = 100 CBR$$

Les modules statiques mesurés par essai de plaque *in situ* ou par essai de plaque d'écrasement au laboratoire sont données par les relations suivantes :

$$E_{stat} = 50 \text{ CBR} \text{ Pour les matériaux à gros élément}$$

$$E_{stat} = 30 \text{ CBR} \text{ Pour les matériaux à fraction fine importante.}$$

V.5.1.2 Essai *in-situ*

V.5.1.2.1 Essai pressiométrique

L'**essai pressiométrique** est un essai de chargement *in situ* effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- Le module pressiométrique E_M qui définit le comportement pseudo-élastique du sol
- La pression limite P_l qui caractérise la résistance de rupture du sol,
- La pression de fluage P_f qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique

Tableau 10 : Résultats E_p obtenus dans l'unité T1 M

E_{pMAX} (bars)	E_{pMIN} (bars)	$E_{pMOYENNE}$ (bars)	ECART TYPE
1533,38	107,25	606,47	385,50

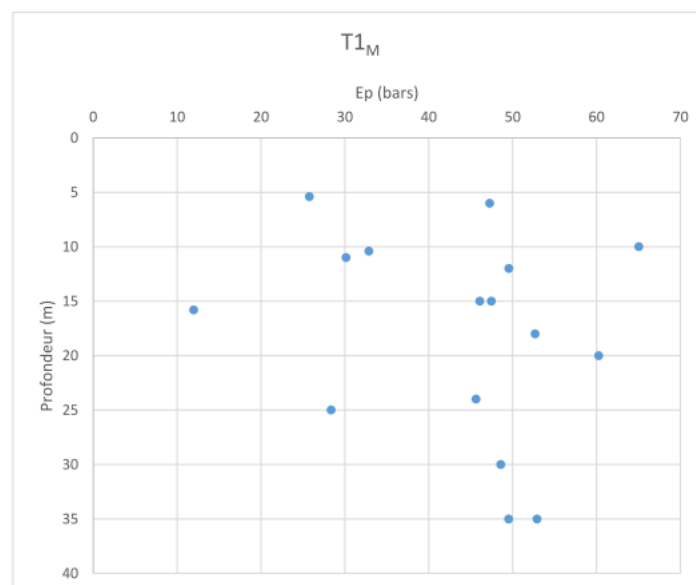
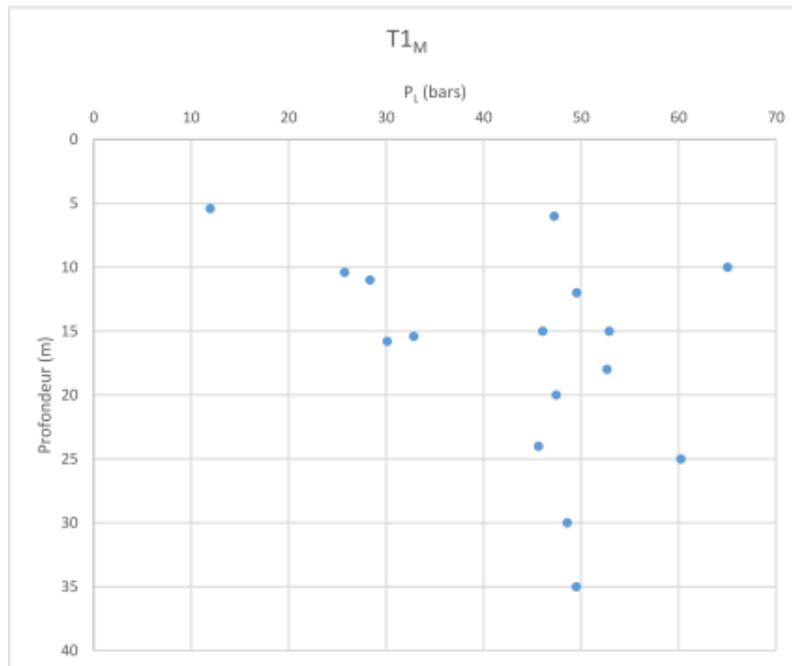


Figure 38 : Module pressiométrique E_p vs profondeur

Tableau 11 : Résultats P L obtenus dans l'unité T1 M

P _L MAX (bars)	P _L MIN (bars)	P _L MOYENNE (bars)	ECART TYPE
60,26	11,96	41,63	13,50

Figure 39 : Relation entre P_L et profondeur pour l'unité T1 M

V.5.1.2.2 Essai au pénétromètre dynamique

L'essai au pénétromètre dynamique (SPT Standard Penetration Test) est un sondage géotechnique fournissant les caractéristiques d'un sol.

Ce test consiste à faire pénétrer dans le sol un échantillonneur standard sous les coups d'un marteau-pilon d'un poids de 63,5 kg et d'une hauteur de 76 cm. Soit ce marteau, tombant en chute libre sur l'outil échantillonneur, trois mesures sont effectuées en comptant le nombre de coups nécessaire à chaque fois pour l'obtention d'une pénétration de l'outil de 15 cm.

La résistance à la pénétration du sol est définie comme la somme des coups de la deuxième et de la troisième pénétration.

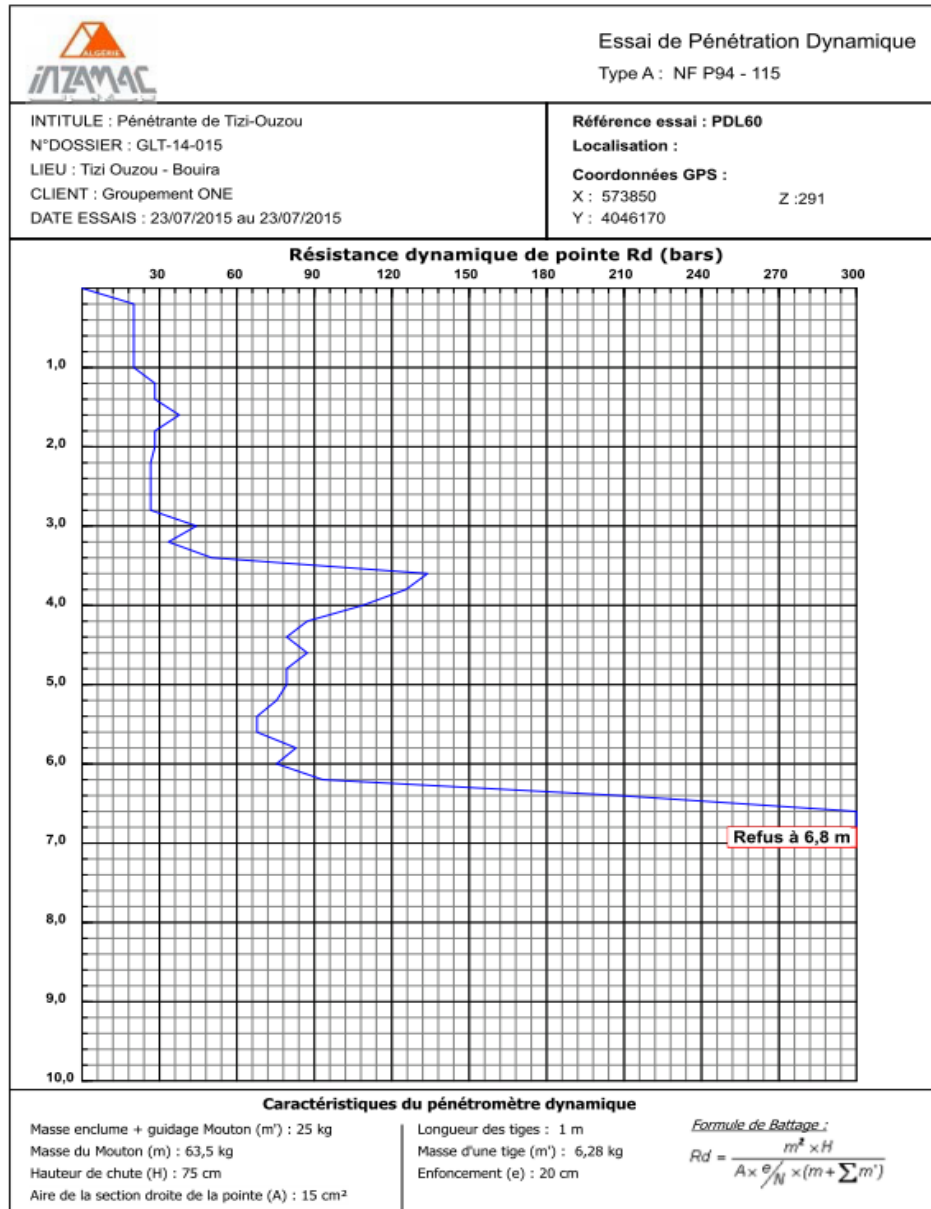


Figure 40 : résultat d'essai au pénétromètre dynamique

V.5.1.3 Analyse chimique sommaire

L'analyse chimique a pour but de connaître le degré d'agressivité ou non du sol. ai



RÉALISATION DE LA PÉNÉTRANTE RELIANT TIZI-OUZOU
À L'AUTOROUTE EST-OUEST AU NIVEAU DE DJEBAHIA SUR 48 KM

Sondage	Prof. (m)	Unité	ESSAIS CHIMIQUES				
			SO ₄ ⁻² (%)	CaCO ₃ ⁻² (%)	MO (%)	Gypses (%)	Sels Solubles (%)
SC-54	02.00 - 02.30	T1 _{Malt}	0,26368				
	13.36 - 13.70	T1 _M	0,30076				
SC-55	03.00 - 03.45	T1 _{Malt}	0,32548	6,6	6,21		
	08.40 - 08.70	T1 _M	0,31724				
SC-55 (2)	10,70 - 11,05	T1 _{Malt}	0,19364	4,84	5,74		
	11,60 - 12,00	T1 _M	0,15244	8,8	4,22		
	21,10 - 21,40	T1 _M	0,16068				
SC-16(2)	2,55-2,82	Q _{CE}	0,13184		3,4		
	7,25-7,50	Q _{CE}	0,29664				
SC-16(3)	3,00-3,45	Q _{CE}			3,79		
	6,00-6,35	Q _{CE}	0,309	0,44			
SC-150	2,60-3,00	Q _{CE}	0,152		5,20		
SCP-139	2,70-3,00	Q _{CE}		3,61			
	5,80-6,00	T1 _{Malt}		2,64			
	6,60-6,80	T1 _{Malt}		4,40			
	12,06-12,40	T1 _M		6,16			
SCP-141	10,70-11,05	T1 _{CG}	0,350	6,16	5,22	0,54	
SCP-144	4,22-4,42	T1 _{CG}	17,90				
	8,30-8,55	T1 _{CG}	20,80				
SC-145	2,58-2,85	T1 _{CG}		17,10			
	6,27-6,41	T1 _{CG}		21,70			
	8,10-8,40	T1 _{CG}		19,90			
	12,50-12,84	T1 _{CG}		22,80			
SC-147	5,40-5,75	T1 _{CG}		3,08			
	8,18-8,40	T1 _{CG}		41,36			
	9,50-9,80	T1 _{CG}		12,32			
	21,70-22,10	T1 _{CG}		4,84			
	25,80-29,30	T1 _{CG}		3,96			
	32,00-34,00	T1 _{CG}		46,64			

Tableau 6 Essais chimiques de laboratoire.

V.6 Condition d'utilisation des sols en remblais

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm.
- Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les matériaux des remblais seront étalés par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

Ce qui concerne les remblais du tronçon 3 sont définis sur deux typologies de terrain, la première partie de PK 27+500 au PK 30+700 sur les argiles rougeâtres (Qce) et les Schistes (PR-SCH) et le deuxième entre le PK 30+780 et le PK 35+312 sont définis sur les grès (T1cg).

Dimensionnement des chaussées

VI. Chaussée

VI.1 Introduction

Le dimensionnement d'une structure de chaussées consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs comme la durée de vie souhaitée de l'ouvrage sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser pour lui permettre de bien résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,. Etc.

Donc, il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques pour lui permettre de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

VI.2 Types de chaussée

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

VI.2.1 Les chaussées souples

Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles. Elles sont composées d'une fondation constituée d'un matériau non traité mais stabilisé mécaniquement (Compact), d'une couverture bitumineuse mince (couche de roulement) moins de 15 cm.

VI.2.2 Les chaussées semi-rigides

Elle comporte une couche de surface bitumineuse repose sur une assise en matériaux traités aux liants hydraulique disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation).

VI.2.3 Les chaussées rigides

Comportant des dalles revêtues en béton de ciment pervibré ou fluide qui fléchissent élastiquement.

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- Couche de roulement en béton de ciment.
- Couche de fondation.

- Couche de forme.

VI.3 Constituants de la structure de chaussée

VI.3.1 La couche de surface : (couche de roulement + couche de liaison).

C'est la couche supérieure de la chaussée, qui subit directement les efforts des véhicules et les facteurs naturels, d'où ses deux rôles principaux :

- absorption les efforts horizontaux tangentiels (cisaillement) importants et de transmettre les charges verticales.
- d'autre part, elle doit offrir à l'utilisateur une surface de roulement compatible avec les exigences de l'automobiliste moderne.

Outre, cette couche assure la qualité superficielle de la chaussée et protège les couches inférieures, donc elle doit être toujours en bon état.

Cette couche de surface peut être multiple, dans le cas où la circulation est intense, elle comporte :

VI.3.1.1 La couche de roulement

- En matière de sécurité, elle doit avoir une bonne rugosité (adhérence) indispensable pour assurer aux véhicules des possibilités de freinage convenable et une bonne stabilité transversale.
- En matière de confort, elle doit présenter un bon uni afin que l'utilisateur ne ressente pas dans son véhicule de secousses brutales ou de vibrations excessives.
- En matière de pérennité, elle doit assurer une bonne imperméabilité.

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

VI.3.1.2 La couche de liaison

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition (liaison) entre la couche de base et celle de roulement.

VI.3.2 Corps de chaussée

Sous la couche de surface, vient le corps de chaussée, dont le rôle essentiel est de résister aux charges et de répartir les pressions qui résultent de telle sorte que le terrain ne soit plus sollicité qu'avec les contraintes compatibles avec sa portance. Il comporte de haut en bas :

VI.3.2.1 La couche de base

Constituée de matériaux résistants (Pierres concassées, graviers bitumineux), son rôle est de transmettre les charges à la couche de fondation provenant de la circulation. (Résister aux charges verticales de La circulation).

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 à 25 cm.

VI.3.2.2 La couche de fondation

Son rôle est d'assurer la transmission convenable des charges verticales (contraintes), apportées par la couche de base sur le terrassement. Elle doit aussi assurer un bon drainage.

VI.3.3 La couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 à 70 cm.

VI.4 Méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles de méthodes :

VI.4.1 Les méthodes empiriques

Elles sont dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées. Elles se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- La capacité portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

On peut citer :

- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio).
- Méthode indice de groupe.
- Méthode ASPHALTE Institue.
- Méthode AASHTO.

VI.4.2 Les méthodes dites « rationnelles »

Ces méthodes sont basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Elles se basent sur la connaissance du sol, des matériaux mis en place et du trafic envisagé, et font appel à des modèles mathématiques élaborés. Ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacements à différents niveaux.

On peut citer :

- Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTTP »;
- Méthode du catalogue des structures (Catalogue des structures type neuf établis par SETRA).

VI.4.2.1 Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

La méthode C.B.R est parmi les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée couramment utilisées en Algérie.

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

L'épaisseur totale est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- **e** : épaisseur équivalente ;
- **I_{CBR}** : 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.

Cette méthode considère que la chaussée est constituée d'un même matériau, soit donc l'épaisseur obtenus par cette méthode est celle d'une chaussée entièrement réalisée en grave propre.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = \sum a_i e_i$$

a_i : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau (Tableau 12).

Tableau 12 : Coefficient d'équivalence

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobés denses	2
Grave ciment- grave laitier	1.5
Sable ciment	1 à 1.2
Grave concassé ou gravier	1
Grave roulée – rave sableuse T.V.O	0.75
Grave bitume	1.6 à 1.7

Il est reconnu que cette technique conduit à des surdimensionnements énormes entraînant des coûts de construction élevés.

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence permettant de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de matériaux.

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

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

Avec :

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

Dimensionnement de la chaussée par la méthode

Données de l'étude

- Année de mise en service : 2019 → $TJMA_{2019} = 10528 \text{ v/j/sens.}$
- Année horizon : 2029 → $TJMA_{2039} = 23068 \text{ v/j/sens.}$
- Pourcentage de poids lourd est : $Z = 35 \%$.
- $N(PL) = 23068 \times 0.35 = 8074 \text{ PL/j.}$
- $P = 6.5 \text{ t}$
- $ICBR = 10.52$

Donc :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left(75 + 50 \log \left(\frac{8074}{10} \right) \right)}{10.52 + 5} \approx 43 \text{ cm}$$

La détermination des épaisseurs des différentes couches :

$$e = \sum a_i e_i$$

Nous proposons les matériaux et les épaisseurs suivants pour chaque couche :

- Couche de roulement en béton bitumineux ($a_1 = 2, e_1 = 6 \text{ cm}$)
- Couche de base en grave bitume ($a_2 = 1.6, e_i = 12 \text{ cm}$)
- Couche de fondation en grave concassé ($a_3 = 1, e_3 = ?$)

Donc :

$$e = 6 \times 2 + 1.6 \times 12 + 1 \times e_3 \Rightarrow 6 \times 2 + 1.6 \times 12 + 1 \times e_3 = \mathbf{43 \text{ cm}}$$

$$e_3 = \mathbf{43} - (6 \times 2 + 1.6 \times 12) \approx \mathbf{12 \text{ cm}}$$

Donc épaisseur réelles est de $8(\text{BB}) + 25(\text{GB}) + 40(\text{GC}) = \mathbf{96 \text{ cm}}$

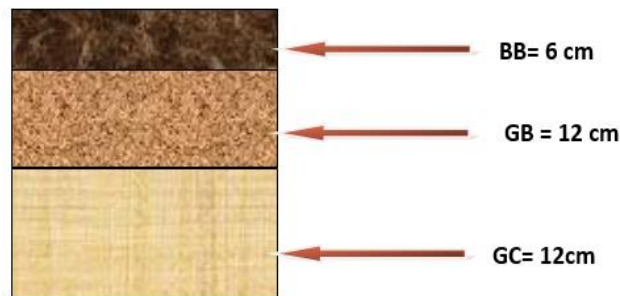


Figure 41 : Les couches de chaussée adoptées

VI.4.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

Le schéma suivant montre les démarches qu'il faut à suivre pour arriver à dimensionner un corps de chaussée selon le catalogue des chaussées neuves.

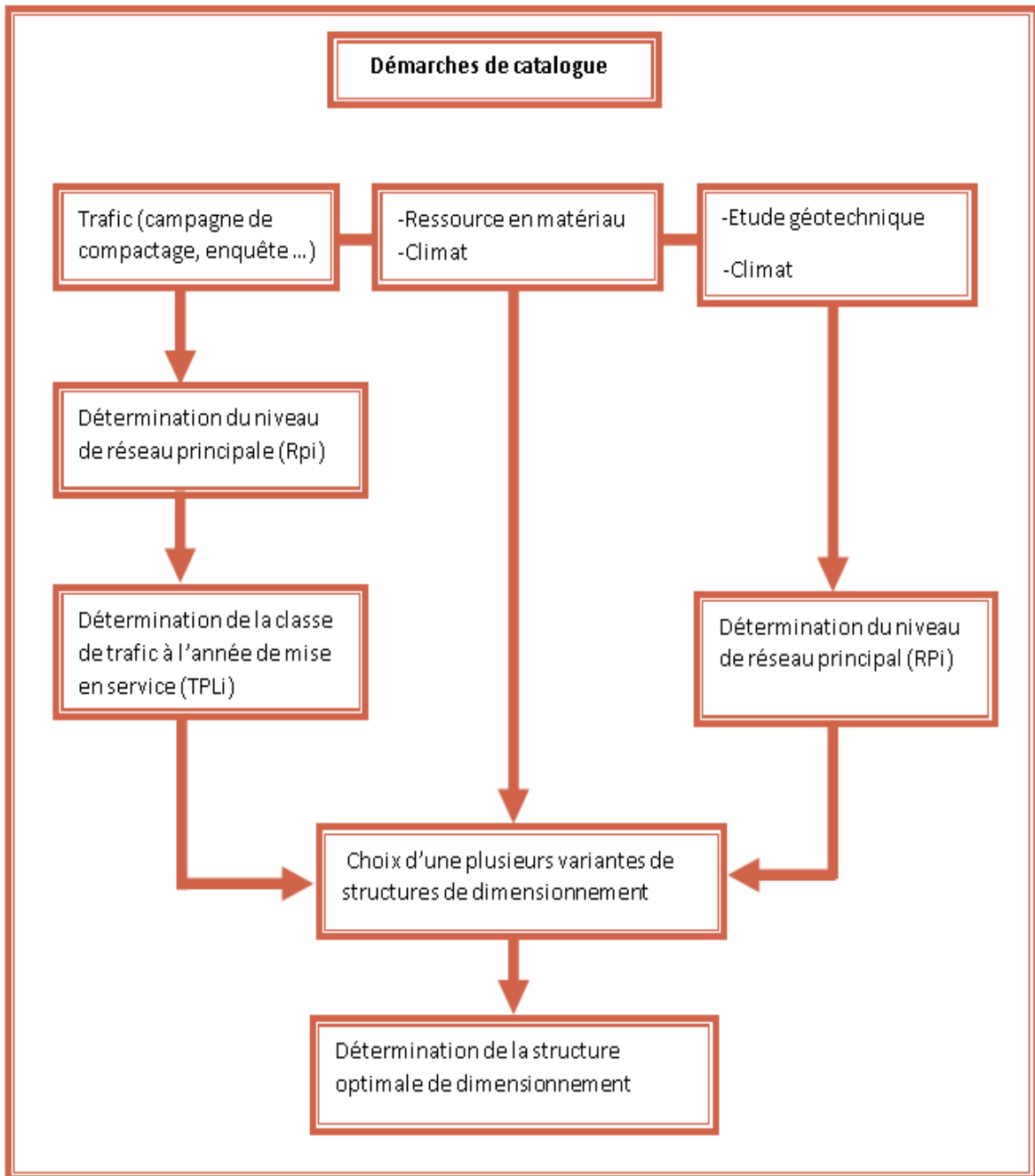


Figure 42 : Démarches du catalogue CTPP

VI.4.2.2.1 Données d'entrée du dimensionnement

1) Détermination du type de réseau

D'après le catalogue CTPP, le réseau principal se décompose en deux niveaux (tableau 13).

Tableau 13 : Types de réseau principal selon le trafic

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Selon les données de trafic le $TJMA_{2012} = 16000 \text{ v/j/2sens}$

$$TJMA_{2012} = 8000 \text{ v/j/sens} > 1500 \text{ v/j/sens.}$$

Donc, le niveau du trafic de notre autoroute est : **réseau principal de niveau 1 (RP1)**.

2) Trafic

a) Détermination de la classe de trafic TPLi

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

$$TJMA_{2019} = 10528 \text{ v/j/sens}$$

Et

$$TPL_{2019} = Z \times TJMA_{2019} = 0.35 \times 10528 = 3885 \text{ PL/j/sens.}$$

b) Classe TPLi pour RP1

150	TPL3	300	TPL4	600	TPL5	1500	TPL6	3000	TPL7	6000
-----	------	-----	------	-----	------	------	------	------	-------------	------

- Pour un TPL de **3885 PL/j/sens**, la classe de trafic est **TPL7**.

c) Répartition transversale du trafic « PLi »

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

$$PLi = 0.8 \times 3885 = 3108 \text{ PL}$$

3) Durée de vie de la chaussée

La durée de vie est fixée par niveau du réseau principal (RP1, RP2) et par types sont synthétisées dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 14 : durée de vie adoptée

Niveau de réseau principal (R _{Pi})	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BC _g	25
RP2	MTN (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF / TUF, SG/ SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

GB : grave bitume ; SB : sable bitume, GL : grave laitier, AG : arène granitique, GNT : grave non traitée, BC_g : béton de ciment goujonné ; TUF : encroûtement calcaire.

Pour le cas de notre projet qui est classé en **RP1** avec une structure en matériaux traités au bitume (disponible localement), la durée de vie prévu pour le dimensionnement de la chaussée est de **20 ans**.

4) Calcul du trafic du poids lourd cumulé PL (TC_i)

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante :

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

- **i** = taux d'accroissement géométrique, pris égal à 0.04 (4%) ;
- **n** = durée de vie considérée (20 ans).

Donc :

$$TC_i = 3885 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04} = 42.23 \cdot 10^6 \text{ (nombre d'essieux de 13 t)}$$

5) Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE_i)

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

Où :

- **A**: coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

La valeur de A est donnée par le tableau suivant :

Tableau 15 : valeur de coefficient d'agressivité A

Type de matériaux et structures		Valeurs de A
RP1	Chaussées à MTB : GB/GB, GB/TUF, GB/SG	0.6
	Chaussées à MTLH : GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à MNT : GNT/ GNT, TUF /TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à MTB : SB/SG,	0.4
RP1 et RP2	Sol-support (calcul de $\varepsilon_{z, adm}$)	0.6

Nous avons donc $A = 0.6$

D'où :

$$TCE_{2019} = 0.6 \times 42.23 \cdot 10^6 = 25.34 \cdot 10^6 \text{ essieux éq de 13 tonnes}$$

6) Détermination du Risque de calcul

Un risque de calcul « r % » sur une période x années pris pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de ces x années des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Les risques de calcul adoptés pour le dimensionnement des structures du réseau principal (**RP1**) sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Risques adoptés pour le réseau RP1

Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	105	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

- Notre projet s'inscrit en réseau **RP1** avec un **TPL7** et avec une structure en matériaux bitumineux ce qui me donne un pourcentage de risque de **2 %**.

VI.4.2.2 Données climatique

Les variations climatiques permettent de déterminer l'état hydrique des plates-formes et de prévoir le comportement des matériaux bitumineux sous l'effet de la température.

1) Etat hydrique du sol support

Puisque notre projet se situe à Tizi-Ouzou, on est donc en **zone climatique I**, selon le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CCTP fascicule 02§ III.3) ».

2) Définition de la température équivalente

Le calcul de dimensionnement est fait pour une température constante dite température équivalente θ_{eq} . Celle-ci est telle que la somme des dommages subis par la chaussée pendant une année.

Tableau 17 : choix des températures équivalentes

Zones climatiques	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20	25	30

Donc, nous prenons une température équivalente $\theta_{eq} = 20^{\circ}\text{C}$ car la wilaya de Tizi-Ouzou se situe au nord du pays (Zone I).

VI.4.2.2.3 Détermination de la portance de sol-support de chaussée

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

Tableau 18: Portance des sols

Portance (Si)	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
CBR	<5	5- 10	10- 25	25- 40	>40

Dans notre cas, nous avons :

$$E = 5 \times ICBR = 5 \times 10,52 = 52,6 \text{ MPa}$$

Donc notre classe de sol support est **S2**.

Nous remarquons bien que le recours à une couche de forme n'est pas nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptables, car notre sol est de portance S2.

VI.4.2.2.4 Liste des structures permises

Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

- RPI : Couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.
- 6 BB à 8 BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT ...)
- 6 BB à 10 BB pour la structure GL/GL

D'après toutes ces données, on est en présence des caractéristiques suivante :

- Réseau principal de niveau 1 (**RP1**).
- Classe de trafic **TPL7**

- Sol-support de classe **S2**
- Zone climatique **I**

Par conséquent d’après les fiches structures du réseau niveau 1 (**RP1**) on obtient les structures suivantes :

Tableau 19 : structures de chaussées proposées par CTTTP pour TPL7

TPLi Pl./j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000		8 BB	8 BB	8 BB
TPL7		14 GB	12 GB	11 GB
3000		15 GB	13 GB	11 GB

Pour notre projet, nous allons adopter une structure GB/GB : 8 BB + 14 GB +15 GB.



Figure 43 : Structure de chaussée adoptée.

VI.4.2.2.5 Vérification de la structure choisie

Selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, nous devons vérifier au niveau du sol support les déformations transversale ϵ_t et verticale $\epsilon_z(sol)$ calculées par Alisé (figure 4).

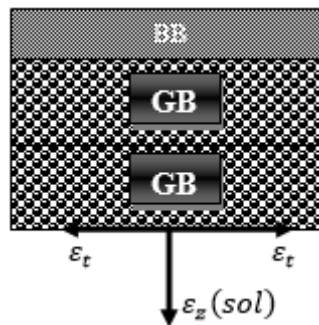


Figure 44 : Déformations de la structure GB/GB

Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z.ad}$

$$\epsilon_{z.ad} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot TCEi^{-0.235}$$

AN:

$$\epsilon_{z.ad} = 22 \times 10^{-3} (25.34 \times 10^6)^{-0.235} = 4 \cdot 10^{-4}$$

Donc :

$$\epsilon_{z.ad} = 400 \cdot 10^{-6} def = 400 \mu def$$

NB : « Dans le cas des chaussées traitées au bitume et aux liants hydrauliques, la pression sur le sol sera tellement faible que le critère $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ »

Calcul de la déformation admissible $\varepsilon_{t.ad}$ à la base de la GB

La déformation admissible de traction $\varepsilon_{t.ad}$ est donnée par la formule suivante :

$$\varepsilon_{t.ad} = \varepsilon_6 (10^\circ C, 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_\theta \cdot k_r \cdot k_c$$

Avec :

- **Kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés par la chaussée.
- **Kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **Kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée ($k_c=1.3$).
- **K θ** : facteur lié à la température ;
- **$\varepsilon_6 (10^\circ C, 25 \text{ Hz})$** : déformation limite correspondant à 10⁶ cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). (Pour une grave bitume (GB) $\varepsilon_6=100 \cdot 10^{-6} \text{ def}$).

Avec :

$$Kne = \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b ; \quad k_r = 10^{-tb\delta} ; \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$$

1. Calcul de Kne :

Nous avons :

- **b** : pente de la droite de fatigue ($b < 0$) d'après le tableau 13 du fascicule 2 :

$$-\frac{1}{b} = 6.84 \rightarrow b = -0.146$$

Donc :

$$Kne = 0.624$$

2. Calcul de K_θ :

- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone.
- $E(10^\circ C)$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C.

D'après le tableau 13 du fascicule 2, nous avons :

$$\begin{cases} E(10^\circ C, 10 \text{ Hz}) = 12500 \text{ MPa} \\ E(20^\circ C, 10 \text{ Hz}) = 7000 \text{ MPa} \end{cases} \rightarrow K_\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$$

3. Calcul de k_r :

- **t** : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

D'après le tableau 16 du fascicule 2 :

$$t = -1.645$$

- δ : La dispersion:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b}Sh\right)^2}$$

Avec :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue, selon le tableau 13 du fascicule 2 :

$$SN = 0.45$$

- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm), selon le tableau 13 du fascicule 2 :

$$Sh = 3 \text{ cm}$$

C : coefficient égale à **0.02** (d'après le fascicule 2).

Donc

$$AN : k_r = 10^{-tb\delta}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t = f(r\%) = f(2\%) = -2.054 \\ \delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146}3\right)^2} = 0.609 \end{array} \right. \rightarrow k_r = 10^{-(-2.054)(-0.146)0.609} = 0.657$$

$$Kr = 0.657$$

Donc :

$$\varepsilon_{t.ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.624 \times 1.34 \times 0.657 \times 1.3 = 71.42 \cdot 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t.ad} = 77.61 \cdot 10^{-6} \text{ def} = 82 \mu \text{ def}$$

Vérification des résultats de calcul par Alize III

1) Condition aux interfaces

Selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, les interfaces de la structure BB/GB/GB/Sol support sont **collées**.

2) Modélisation de la structure

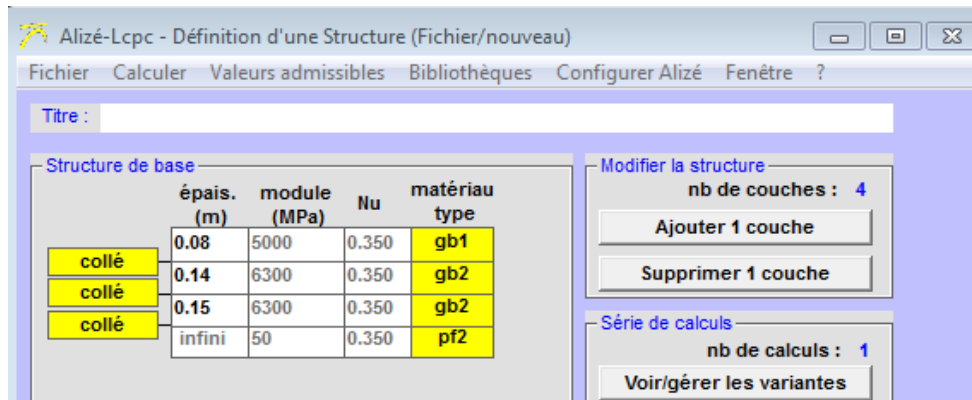


Figure 45 : Modélisation de la structure de chaussée.

3) Calcul des déformations avec Alizé

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	5000.0	0.350	0.000	28.0	0.306	9.7	0.658
			0.080	8.9	0.264	58.1	0.558
0.140	6300.0	0.350	0.080	8.9	0.319	43.7	0.558
			0.220	-19.7	-0.097	35.1	0.168
0.150	6300.0	0.350	0.220	-19.7	-0.097	35.1	0.168
			0.370	-68.0	-0.608	65.0	0.013
infini	50.0	0.350	0.370	-68.0	0.002	222.7	0.013

Figure 46 : Résultats de calcul du logiciel Alizé

Selon le tableau ci-dessus, nous avons :

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad} \Leftrightarrow 68 \mu def < 82 \mu def \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

Et :

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad} \Leftrightarrow 222.7 \mu def < 400 \mu def \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

Donc :

La structure 6BB + 14GB + 15GB est vérifiée.

Conclusion

Pour répondre aux besoins de trafic et dans le but d'assurer la longévité de la chaussée toute en tenant compte de la fatigue des matériaux, nous avons choisi la structure suivante :

6BB + 14GB + 15GB + sol support

Assainissement

VII. Assainissement

VII.1 Introduction

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer rapidement toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire : l'assèchement de la surface de circulation par des fossés, caniveaux, etc.... En effet l'eau influe considérablement sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance du sol de fondation et ce par infiltration sur les côtés dans le corps de chaussée ou par remontées capillaires en provenance de la nappe phréatique. L'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatiques et pluviales pour la détermination d'ouvrages adéquats et le dimensionnement de ces derniers.

VII.2 Types de dégradation

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause du mauvais drainage et entretien. Ces dégradations se présentent sous forme de :

➤ **Pour les chaussées :**

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Dés enrobages.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

➤ **Pour le talus :**

- Glissement ;
- Erosion ;
- Affouillements du pied de talus.

VII.3 Objectifs de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les conditions suivantes :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du cout d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosion.
- Garantir la stabilité de l'ouvrage durant toute sa durée de vie.

VII.4 Définition des termes hydraulique

- ❖ **Bassin versant** : Surface naturelle telle que toute l'eau reçue sur sa surface s'écoule vers un point unique : l'exutoire du bassin versant.
- ❖ **Caniveau** : Famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route.
- ❖ **Dalot** : Ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité.
- ❖ **Buse**: Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.
- ❖ **Les regards** : Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

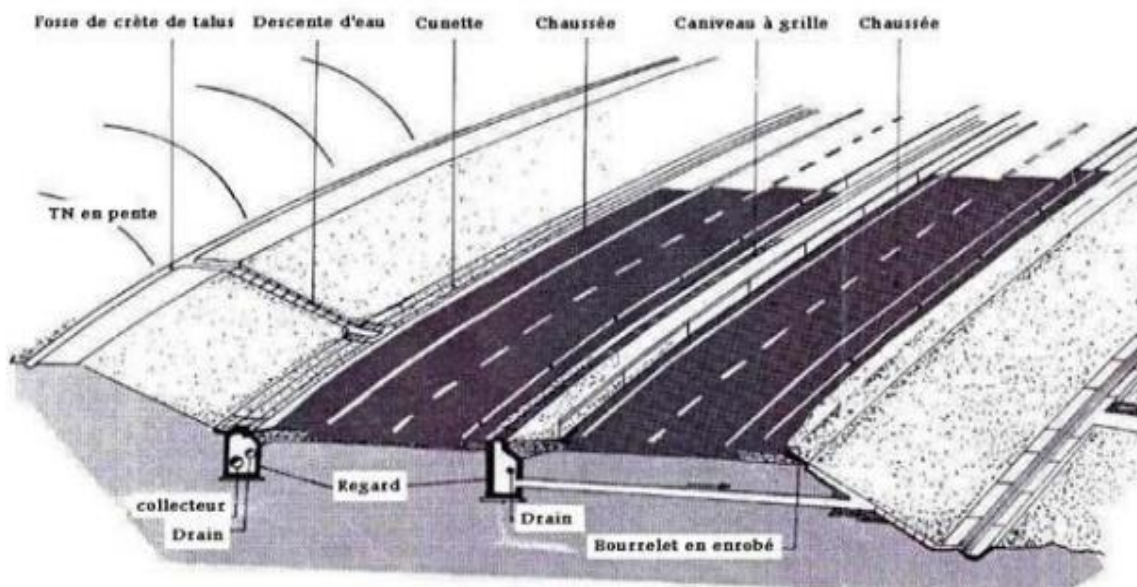


Figure 47 différentes parties d'assainissement

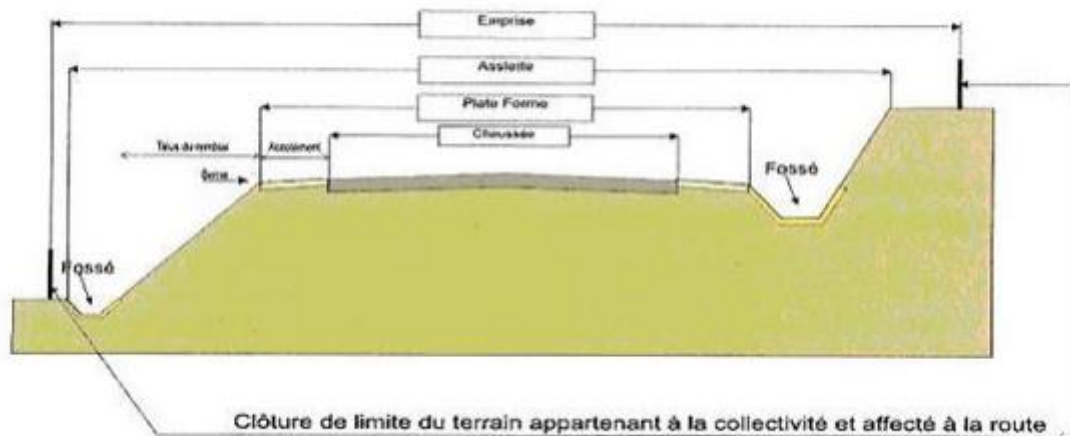


Figure 48 : coupe transversale de la route

VII.5 Types de canalisations

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés « canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).

VII.6 Données hydrauliques

Les caractéristiques de la pluie interviennent dans l'estimation des débits d'apport provenant du bassin versant. La région de TIZI OUZOU est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse. Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les informations récoltées au niveau local, les données pluviométriques se rapportant à la région de Tizi-Ouzou sont :

- Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_{Jmoy} = 60.35\text{mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.38$.
- L'exposant climatique de la région $b = 0.37$.
- Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

VII.7 Calcul hydraulique

Dans ce chapitre nous aurons à prévoir et à dimensionner des ouvrages adéquats pour assurer le rétablissement des écoulements naturels, la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route. Pour ce qui est de la collecte et l'évacuation des eaux internes c'est-à-dire le drainage il n'est pas forcément nécessaire dans tous les projets neufs. La prévision ou non du drainage dépend essentiellement du contexte hydrogéologique et hydrologique du site ainsi que de la qualité des matériaux.... Mais préalablement, une analyse rigoureuse et des investigations poussées devront être menées avec des spécialistes, et faute de quoi nous n'aurons pas à étudier dans notre démarche ce volet d'assainissement.

VII.7.1 Pluie journalière maximale annuelle (PJ)

Le calcul de la précipitation P_j (%) est obtenu par la formule suivante :

$$P_j(f\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

- $P_j(\%)$: hauteur de pluie journalière maximale de fréquence "f" donnée ;
- P_j : pluie journalière moyenne (mm) ;
- C_v : coefficient de variation climatique de la région considérée ;
- U : variable de GAUSS,

N.B :

- ❖ Les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans. Donc la **variable de Gauss $U = 1.28$** .
- ❖ Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans. Donc la **variable de Gauss $U = 2.057$** .

Tableau 20 : les valeurs de variable de Gaussien en fonction de la fréquence

Fréquence (%)	Période de retour (ans)	Variable de Gaussien
50	02	0.00
20	05	0.84
10	10	1.28
02	50	2.05

VII.7.2 Calcul de précipitation

$$P_j(f\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

D'après les informations récoltées au niveau local, les données hydrologiques de la zone d'étude (Tizi-Ouzou) sont :

- La pluie journalière moyenne : $P_j \text{ moy} = 60.35 \text{ mm}$.
- Le coefficient de variation : $C_v = 0.38$.
- L'exposant climatique : $b = 0,37$.
- Pendant 10 ans, nous avons $f = 10\%$ et $U = 1.28$

$$P_j(10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} e^{1.28\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

$$\mathbf{P_j(10\%) = 90.26 \text{ mm}}$$

- Pendant 50 ans, , nous avons $f = 2\%$ et $U = 2.05$

$$P_j(10\%) = \frac{60.35}{\sqrt{0.38^2 + 1}} e^{2.05\sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

$$\mathbf{P_j(10\%) = 119.77 \text{ mm}}$$

VII.7.3 Calcul de l'intensité de l'averse

L'intensité horaire de l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I = \frac{P_j (\%) }{24}$$

L'intensité de la pluie est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \left(\frac{t}{24} \right)^{b-1}$$

- Pour $P_j(10\%) = 90.26 \text{ mm}$, nous avons :

$$I = \frac{90.26}{24} = 3.76 \text{ mm/h}$$

Donc l'intensité de la pluie est :

$$I_t = 3.76 \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1}$$

- t_c : temps de concentration pour des bassins versant

Ce temps de concentration est estimé par les formules suivantes :

➤ **La formule de VENTURA :**

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \text{ pour } A \leq 5 \text{ km}^2$$

➤ **La formule de PASSINI :**

$$t_c = 0.11 \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{P} \text{ pour } 5 \text{ km}^2 < A \leq 25 \text{ km}^2$$

➤ **La formule de GIADOTTI :**

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}} \text{ pour } 25 \text{ km}^2 < A \leq 200 \text{ km}^2$$

Avec :

- A : la superficie du bassin versant ;
- P : pente moyenne de thalweg principal ;
- L : longueur de thalweg principal ;
- H : article moyenne du bassin versant par rapport à l'exutoire.

$$I_t = 3.76 \left(\frac{0.25}{24} \right)^{0.37-1} = 66,68 \text{ mm}$$

Pour :

$$P_j(02\%) = 120,08 \text{ mm} ; I = 5 \text{ mm/h.}$$

Donc l'intensité de la pluie est :

$$I_t = 5 \left(\frac{0.25}{24} \right)^{0.37-1} = 88,67 \text{ mm}$$

VII.7.4 Calculs des débits

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Qa = K.C.I.A$$

Avec :

- K : coefficient de concentration $K = 0.2778$;
- C : coefficient de ruissellement ;
- I : Intensité de l'averse exprimée mm /h.

VII.7.5 Surface de l'écoulement

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit rapporté par chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

Une largeur de talus a été prise défavorable égale (10m).

Les linéaires des 3 exemples de calcul sont :

- 1480 m pour le bassin BV N°6.
- 1200 m pour le bassin BV N°1.
- 314 m pour le bassin BV N°2.

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_t + Q_{BV}$$

Avec :

- Q_c : débit apporté par la chaussée.

$$Q_c = K \cdot I \cdot C_c \cdot A_c$$

- Q_t : débit apporté par le talus.

$$Q_t = K I C_t A_t$$

- Q_{BV} : débit apporté par le terrain naturel.

$$Q_{BV} = K I C_{BV} A_{BV}$$

Les coefficients de ruissellement :

- C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée ;
- C_{BV} : coefficient de ruissellement de terrain naturel ;
- C_t : coefficient de ruissellement du talus.

Les surfaces prises en considération :

- A_c : surface de la chaussée ;
- A_t : surface du talus ;
- A_{BV} : surface de bassin versant.

VII.8 Exemples de dimensionnement

Notre projet de linéaire de 4714.164 m est au pied de (06) bassins versants dont les caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

Tableau 21 : Dimensions des bassins versants et calcul du débit

N° BV	Surface du BV (km ²)	Périmètre (km)	Linéaire (km)	Longueur (km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	Pente (%)	Débit (m ³ /s)
1	0.203286	2.657	1.200	0.324	73	60	2.47	0.594
2	0.230064	2.007	0.314	0.695	98	78	2.87	0.678
3	0.710678	3.464	0.437	0.1130	220	89	11.60	1.809
4	0.208435	1.935	0.540	0.372	159	125	9.14	0.607
5	0.133748	1.450	0.268	0.424	159	114	10.61	0.403
6	0.388030	3.284	1.480	0.346	107	87	5.78	1.608

VII.8.1 Exemple de calcul d'un fossé (bassin versant n° 2) :

Vu la pente du profil en long dépassant les 3,5% prescrits par les règlements on adaptera un fossé en béton pour parer aux problèmes d'érosion.

1. Calcul de surface :

- Surface de la chaussée :

$$A_C = 13 \times 314 = 4082 \text{ m}^2 = 0,4082 \text{ ha.}$$

- Surface du talus :

$$A_T = 10 \times 314 = 3140 \text{ m}^2 = 0,314 \text{ ha.}$$

2. Calcul des débits d'apport (Qa) :

- Pour la chaussée :

$$\text{Données : } C_C = 0.95 ; P = 2.5\% ; I (10\%) = 3.76 \frac{\text{mm}}{\text{h}} ; A_C = 0.4082 \text{ ha}$$

$$T_C = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.4082}{2.5}} = 0.51 \text{ ha}$$

$$I_t = I = 3.76 \left(\frac{0.051}{24} \right)^{0.37-1} = 181.53 \text{ mm/h}$$

$$C = K.C.I.A = 2,778 \times 10^{-3} \times 0,95 \times 181,53 \times 0,4082 = 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_C = 0,195 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pour le talus :

$$\text{Données : } C = 0.25 ; P = 66\% ; I (10\%) = 3.76 \text{ mm/h} ; A_T = 0,314 \text{ ha}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.314}{66}} = 0.008 \text{ ha}$$

$$Q_T = K.C.I.A = 2,778.10^{-3} \times 0,25 \times 581,141 \times 0,314 = 0,127 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_T = 0,127 \text{ m}^3 / \text{s}$$

- Débit du bassin versant (n° 2) :

Le débit tiré du tableau suscité :

$$Q_{BV2} = 0.678 \text{ m}^3 / \text{s}$$

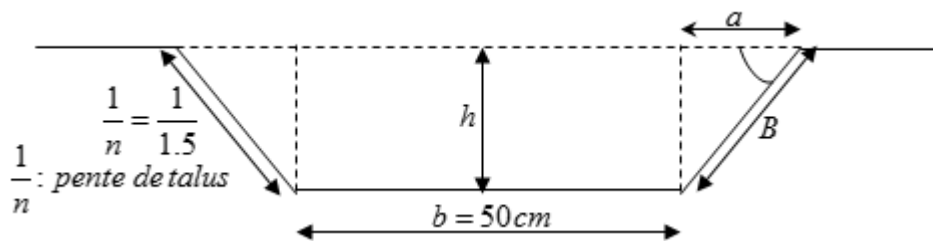
Donc le débit d'apport (Q_a) sera :

$$Q_a = Q_c + Q_t + Q_{BV} = 0,195 + 0,127 + 0.678 = 1 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_a = 1 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Dimensionnement du fossé

Le profil en travers hypothétique du fossé est donné dans la figure ci-dessous :



Les dimensions du fossé sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit d'apport Q_a et débit de saturation Q_s

$$Q_a = Q_s$$

1. La surface mouillée

$$S_m = b \times h + 2 \left(\frac{1}{2} \times h \times a \right) \Rightarrow S_m = h(b + a)$$

Calcul de « a »

Nous avons :

$$\text{tg} \alpha = \frac{h}{a} = \frac{1}{n} \Rightarrow a = n \times h$$

Donc :

$$S_m = h(b + n \times h)$$

2. Calcul de périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B \text{ avec : } B = h\sqrt{n^2 + 1}$$

Donc :

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

3. Rayon hydraulique R :

$$R = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + n \times h)}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}}$$

La base du fossé est fixée : $b = 50\text{cm}$,

La pente du talus est aussi fixée :

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{1.5}$$

D'où :

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3} = K_{st} I^{1/2} h(b + n \times h) \left[\frac{h(b + n \times h)}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}} \right]^{2/3}$$

Application numérique:

Données : $Q_a = 1,00 \text{ m}^2/\text{s}$; $K_{st} = 70$ (béton) ; $I = 4\%$

$$70 \times 0.04^{1/2} h(0.50 + 1.5^{-1} \times h) \left[\frac{h(0.50 + 1.5^{-1} \times h)}{0.50 + 2h\sqrt{1.5^{-1} + 1}} \right]^{2/3} = 1$$

Après calcul itératif, on trouve $b = 0.45 \text{ m}$.

D'où les dimensions du fossé sont :

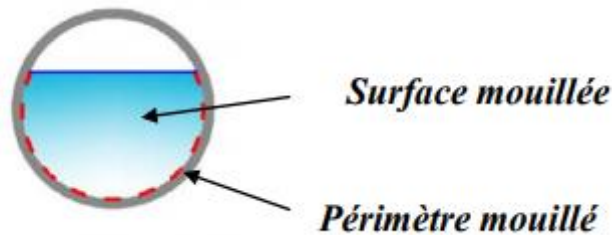
$$\mathbf{b \times h = (50 \times 45) \text{ cm}}$$

Vérification :

$$Q_s = 70 \times 0.04^{1/2} \times 0.45(0.50 + 1.5^{-1} \times 0.45) \left[\frac{0.45(0.50 + 1.5^{-1} \times 0.45)}{0.50 + 2 \times 0.45 \sqrt{1.5^{-1} + 1}} \right]^{2/3}$$

$$\mathbf{Q_s = 1,19 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a \rightarrow \text{c'est vérifié}}$$

VII.8.2 Exemple de calcul d'une buse (bassin versant n°1)



1. Calcul de surface

- Surface de la chaussée :

$$A_c = 13 \times 1200 = 15600 \text{ m}^2 = 1,56 \text{ ha}$$

- Surface du talus :

$$A_t = 10 \times 1200 = 12000 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ ha.}$$

2. Calcul des débits d'apport (Qa)

- Pour la chaussée :

Données : $C = 0.95$; $P = 2.5\%$; $I (10\%) = 3.76 \text{ mm/h}$; $A = 1.56 \text{ ha}$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{1.56}{2.5}} = 0.1 \text{ ha}$$

$$I_t = 3.76 \left(\frac{0.1}{24}\right)^{0.37-1} = 118.773 \text{ mm/h}$$

$$Q_c = K.C.I.A = 2.778 \cdot 10^{-3} \times 0.95 \times 3.76 \times 1.56 = 0.015 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,95 \times 118,773 \times 1.56 = 0,489 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- Pour le talus:

Données: $C = 0.25$; $P = 66\%$; $I (10\%) = 3.76 \text{ mm/h}$; $A = 1.2 \text{ ha}$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{1.2}{66}} = 0.17 \text{ ha}$$

$$I_t = 3.76 \left(\frac{0.17}{24}\right)^{0.37-1} = 85.02 \text{ mm/h}$$

$$t = K.C.I.A = 2,778 \times 10^{-3} \times 0,25 \times 85.02 \times 1,2 = 0,071 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$Q_t = 0,071 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Débit du bassin versant (n° 1) :

Le débit tiré du tableau suscité :

$$Q_{BV1} = 0.594 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alors le débit d'apport (Qa) sera :

$$Qa = Q_T + Q_C + Q_{BV} = 0,071 + 0,015 + 0,594 = 0.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qa = 0.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Dimensionnement de la buse :

$$Qa = Qs = K.I.C.A = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

Avec :

- S_m : surface mouillée = $1/2 \times \pi \times R^2$;
- R_h : rayon hydraulique = $R/2$;
- $K_{st} = 80$ (pour les buses) ;
- I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4 m/s. Pour notre cas ; Nous avons $I = 2.5\%$

$$Qa = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3} = K_{st} I^{1/2} \left(\frac{1}{2} \times \pi \times R^2 \right) \left(\frac{R}{2} \right)^{2/3}$$

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2 \times 2^{\frac{2}{3}} Qa}{K_{st} I^{\frac{1}{2}} \pi} = \frac{2 \times 2^{\frac{2}{3}} \times 0.68}{80 \times 0.025^{\frac{1}{2}} \times \pi} = 0.054$$

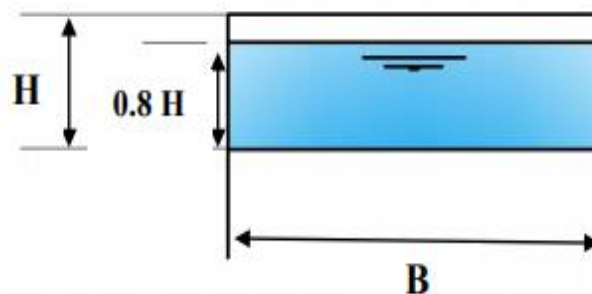
$$R = 0.335 \text{ m} \rightarrow D = 2 R = 0.670 \text{ m}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que :

$\Phi 400, \Phi 500, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots etc.$

D'où le diamètre de la buse adopté est : $\Phi 800$

VII.8.3 Exemple de calcul d'un dalot (bassin versant n°6) :



1. Calcul de surface

- Surface de la chaussée :

$$A_c = 13 \times 1480 = 19240 \text{ m}^2 = 1,924 \text{ ha.}$$

- Surface du talus :

$$A_T = 10 \times 1480 = 14800 \text{ m}^2 = 1,48 \text{ ha.}$$

2. Calcul des débits d'apport (Qa) :

- Pour la chaussée :

Données : $C = 0.95$; $P = 2.5\%$; $I (2\%) = 5 \text{ mm/h}$; $A = 1.924 \text{ ha}$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{1.924}{2.5}} = 0.111 \text{ h}$$

$$I_t = 5 \left(\frac{0.111}{24} \right)^{0.37-1} = 147.548 \text{ mm/h}$$

$$Q_c = K.C.I.A = 2.778 \cdot 10^{-3} \times 0.95 \times 147.548 \times 1.924 = 0.749 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Q_c = 0.749 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Pour le talus :

Données : $C = 0.25$; $P = 66\%$; $I (2\%) = 5 \text{ mm/h}$; $A = 1.48 \text{ ha}$

$$T_t = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{1.48}{66}} = 0.019 \text{ h}$$

$$I_t = 5 \left(\frac{0.019}{24} \right)^{0.37-1} = 449.66 \text{ mm/h}$$

$$Q_T = K.C.I.A = 2.778 \cdot 10^{-3} \times 0.25 \times 449.66 \times 1.48 = 0.462 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Q_T = 0.462 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Débit du bassin versant (6) :

Le débit tiré du tableau suscité :

$$\mathbf{Q_{BV6} = 1,608 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Alors le débit d'apport sera

$$Q_a = Q_T + Q_c + Q_{BV} = 0,462 + 0,749 + 1.608 = 2.819 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\mathbf{Q_a = 0.819 \text{ m}^3/\text{s}}$$

- Dimensionnement du dalot :

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées pendant le temps de concentration (**tc**).

Dans notre projet, les dalots sont en béton armé, ce qui nous donne un coefficient de rugosité $K_{st} = 70$.

$$Q_a = Q_s = K \cdot I \cdot C \cdot A = K_{st} I^{1/2} S_m R_h^{2/3}$$

Avec:

- S_m : surface mouillée : $S_m = 0,8 H \times B$.
- P_m : périmètre mouillé : $P_m = 1,6 H + B$.
- R_h : rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m$
- $K_{st} = 70$ (pour les dalots).
- $I = 2.5\%$

$$Q_s = K_{st} \left(\frac{0.8 \times H \times L}{1.6 \times H + L} \right)^{2/3} \times i^{1/2} \times 0.8 \times H \times L$$

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

On fixe : $B = 2 \text{ m}$ → Et par calcul itératif : on trouve $H = 1,5 \text{ m}$

Conclusion : Enfin notre dalot sera de dimensions :

$$\mathbf{H \times B = 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}}$$

Equipements de la route

VIII. Equipement de la route

VIII.1 Signalisation

VIII.1.1 Introduction

La prévention routière, ou sécurité routière, est l'ensemble des mesures visant à éviter les accidents de la route ou à atténuer leurs conséquences et de rendre plus facile et plus sûre l'utilisation des routes et des autoroutes. Elle correspond à un enjeu majeur de protection des personnes.

VIII.1.2 Objectifs de la signalisation

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

VIII.1.3 Catégories de circulation

On distingue :

- La signalisation par panneaux ;
- La signalisation par feux ;
- La signalisation par marquage des chaussées ;
- La signalisation par balisage ;
- La signalisation par bornage.

VIII.1.4 Règles à respecter pour la signalisation

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

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

VIII.1.5 Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale

VIII.1.5.1 La signalisation verticale

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

Elles peuvent être classées en trois classes :

VIII.1.5.1.1 Signaux de danger

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler.

VIII.1.5.1.2 Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction (figure 1) ;
- L'obligation (figure 2) ;
- La fin de prescription (figure 3).



Figure 49 : Panneaux d'interdiction



Figure 50 : Panneaux d'obligation



Figure 51 : Panneaux fin de prescription

VIII.1.5.1.3 Signaux à simple indication

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminées en pointe de flèche :

- Signaux d'indication sont de forme carré (figure 52) ;
- Signaux de direction sont sous forme d'une flèche (figure 50) ;
- Signaux de localisation sont de forme rectangulaire (figure 54) ;
- Signaux divers (figure 55).



Figure 52 : signaux d'indication



Figure 53 : panneaux de localisation



Figure 54 : exemple des signaux divers

VIII.1.5.2 La signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

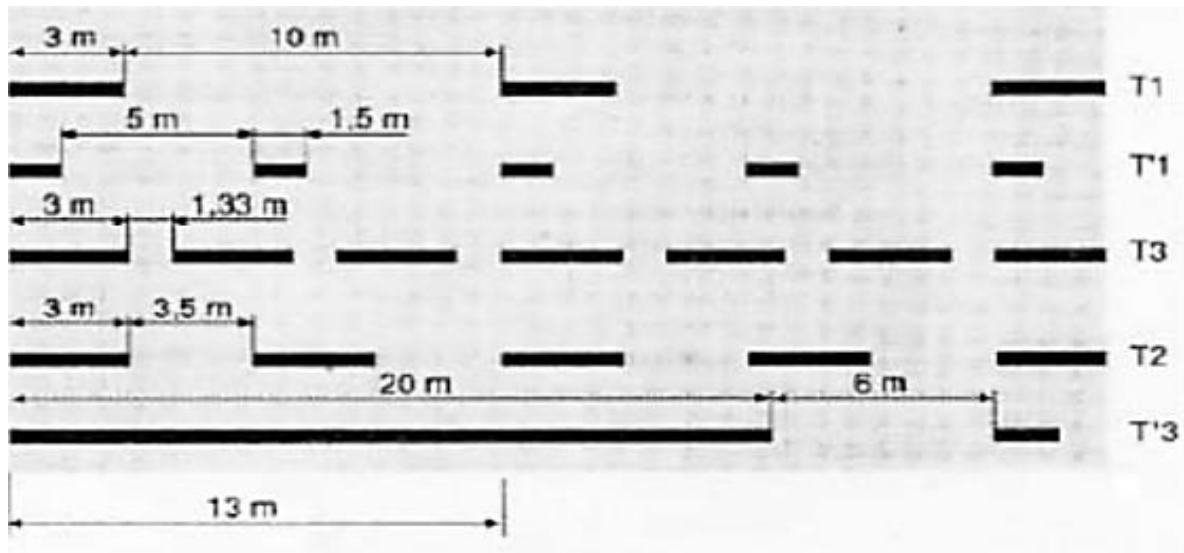
- Marques longitudinales ;
- Marques transversales ;
- Les flèches.

VIII.1.5.2.1 Marques Longitudinales

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation. On trouve :

Lignes continues : Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

Lignes discontinues : Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.



Ligne de rive 1 : trait de 3 m de longueur avec un intervalle de 3,50 m, sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.

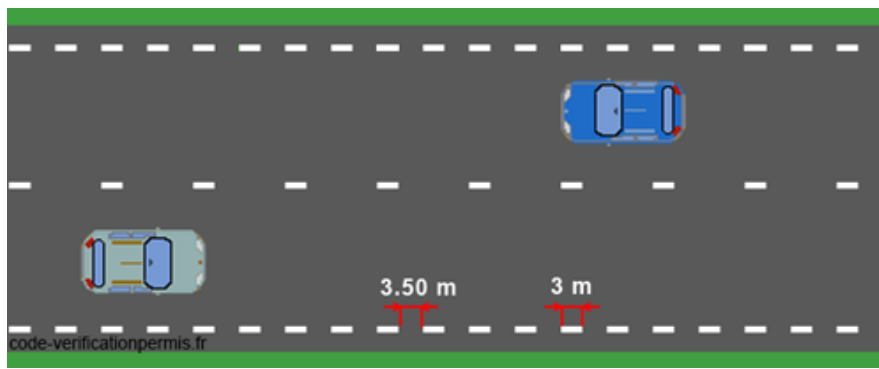


Figure 55 : Ligne de rive 1

Ligne de rive 2 : trait de 20 m, intervalle 6 m Annonce l'approche d'une intersection.

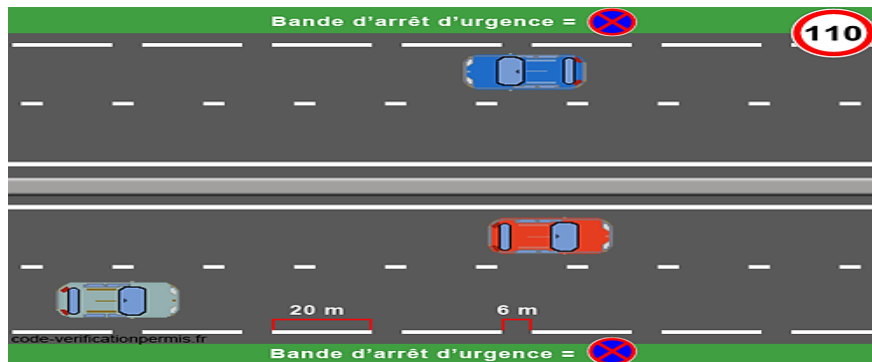


Figure 56 : Ligne de rive 2

Ligne de rive 3 : trait de 38 m, intervalle 14 m Sur autoroute elle délimite la bande d'urgence (BAU), circulation, arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident.

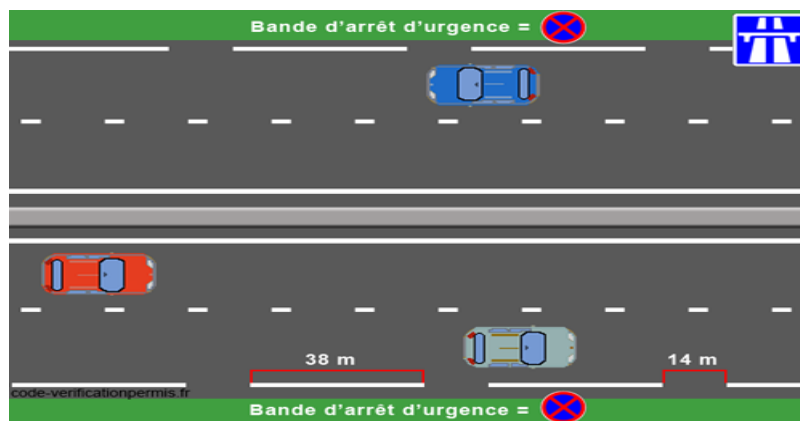


Figure 57 : Ligne de rive 3

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des modulations des lignes discontinues.

Tableau 22 : valeurs des modulations des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Longueur du vide (m)
T ₁	3.00	10.00
T' ₁	1.50	5.00
T ₂	3.00	3.5
T' ₂	0.50	0.5
T ₃	3.20	1.33
T' ₃	20.00	6.00

La largeur des lignes est de :

- Routes principales : $u = 6 \text{ cm}$
- Autres routes : $u = 5 \text{ cm}$.

VIII.1.5.2.2 Marques transversales

- Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue.
- Ligne « cédez le passage » (T1, 5U).
- Ligne « effet des signaux » (T2, 3U).



Figure 58 : Ligne STOP



Figure 59 : Ligne « cédez le passage ».

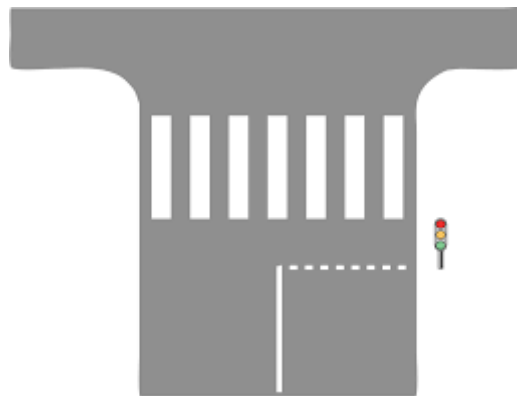


Figure 60 : Ligne d'effet de feux marquée au sol

NB :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente uivant le type de route :

- U = 7.5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.
- U = 5 cm sur les autres routes (bretelles)

VIII.1.5.3 Les flèches

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

On a deux types de flèches :

- **Flèches de section (directionnelles):** Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.
- **Flèches de rabattement:** Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages qu'ils devraient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

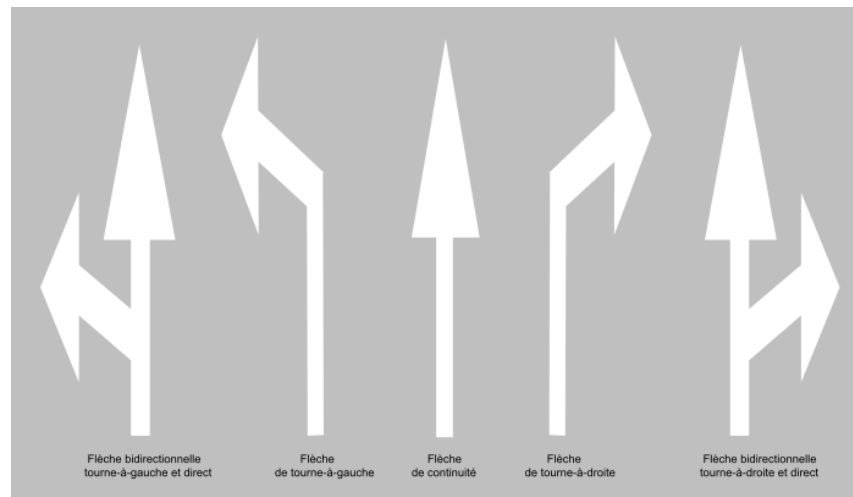


Figure 61 : les flèches de direction.

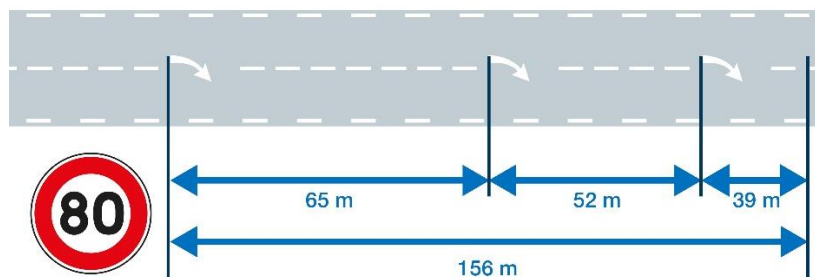


Figure 62 : Flèches de rabattement

VIII.1.6 Application au projet

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

➤ Signalisation horizontale

- Marquage de la chaussée en ligne continue.



Figure 63 ligne continue

- Marquage de la chaussée en ligne discontinue.

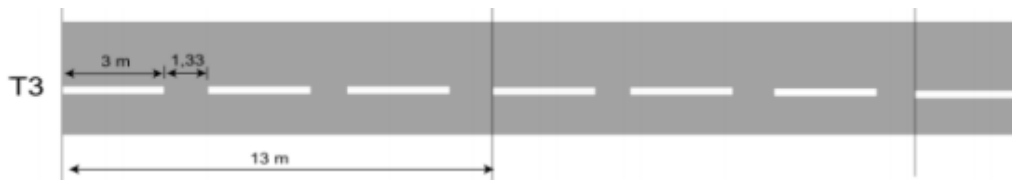


Figure 64 ligne discontinue de modulation type T3

➤ Signalisation verticale

➤ **Signalisation de direction**



VIII.2 Eclairage

VIII.2.1 Introduction

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leur but est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

VIII.2.2 Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

VIII.2.3 Paramètres de l'implantation des luminaires

- L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

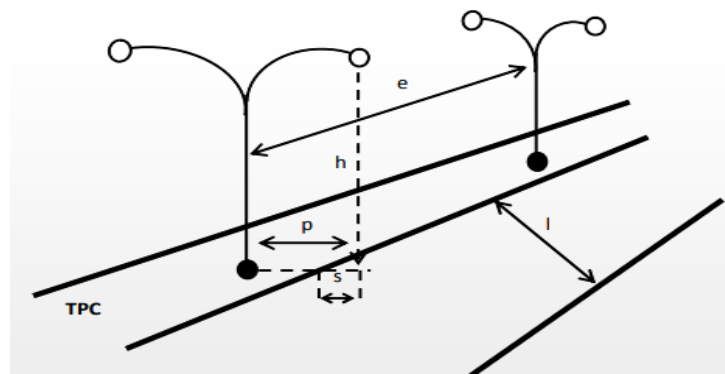


Figure 65 : Paramètres de l'implantation des luminaires



Figure 66 : Eclairage dans une autoroute

VIII.2.4 Application au projet

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) : La bordure du TPC doit être parfaitement visible, nous adoptons à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité.

La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre pénétrante (la voie express).

VIII.3 Glissières de sécurité (séparateurs)

Les séparateurs en béton sont des dispositifs rigides qui ne peuvent être implantés que sur un sol stabilisé pour éviter tout risque de rupture par tassement différentiel. Pour cette raison, on préférera au séparateur béton armé car son assise plus large lui confère :

- Une meilleure stabilité ;
- Une résistance mécanique plus élevée ;
- Une meilleure répartition des efforts de poinçonnement transmis au sol par l'arrière du dispositif.

Le TPC sera constitué de séparateurs en béton type simple (figure 68-69) afin de séparer les deux sens de circulation.

Le même type de glissière sera disposé à droite de chaque voie à la limite de la bande d'arrêt d'urgence pour délimiter la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risques éventuels de sortie.

Les caractéristiques géométriques des glissières sont illustrées dans les figures suivantes.

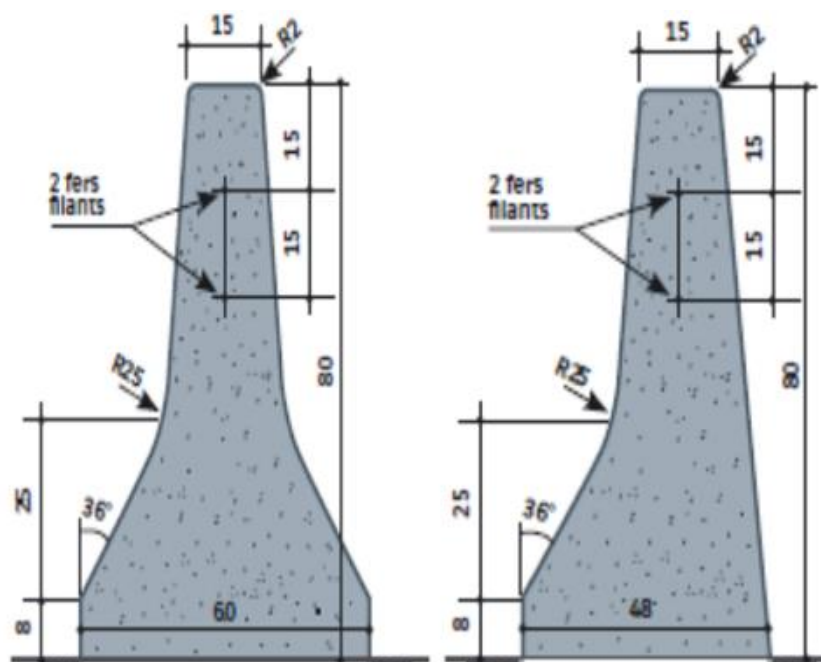


Figure 67 : Les caractéristiques géométriques des glissières



Figure 68 : Glissières de sécurité sur l'autoroute est-ouest

Impacts sur l'environnement

IX. Impacts sur l'environnement

IX.1 Introduction

La réalisation de projet routier est généralement accompagnée d'impacts négatifs qui peuvent être importants quand les dispositions adéquates ne sont pas prises au préalable. En effet, à côté des effets bénéfiques des routes, leur construction et leur exploitation font rompre des continuités et des équilibres biophysiques et humains étant donné que quand ces infrastructures ne détruisent pas directement la végétation et la faune, le bruit, la pollution et d'autres perturbations associées ont des impacts importants sur nature et humains.

C'est pour contenir ces effets, que des études d'impact des projets routiers sur l'environnement sont réalisées au préalable.

Ces études comportent :

- L'analyse de l'état initial ;
- La recherche des contraintes du site et des impacts du projet ;
- La justification de la solution retenue ;
- La définition des remèdes correspondants nécessaires et leur estimation.

IX.2 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1978, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement ;
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

IX.3 Objet de l'étude

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

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

IX.4 Les impacts

IX.4.1 Impacts sur l'agriculture

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire accorder un grand intérêt.

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

Pour remédier à tous ces impacts, des mesures visant à sauver ces préjudices sont classées en deux catégories :

- **Mesures protectrices** devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :
- **Mesures curatives** comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on puisse mener pour les protéger sont :

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

IX.4.2 L'impact sur la nature

IX.4.2.1 La faune

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour amollir la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords. Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

IX.4.2.2 La flore

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

IX.4.2.3 L'eau

Elle s'articule autour de 2 actions : l'écoulement de l'eau et sa protection. L'autoroute ne doit pas perturber l'écoulement des ruisseaux tout en permettant d'épancher des crues potentielles. Ainsi, pour chaque cours d'eau, grands ou petits, un Ouvrage de franchissement est construit.

IX.4.3 L'impact sur les habitants

Les principaux impacts d'une infra structure autoroutière sur les habitants sont :

- La destruction ;
- La pollution ;
- Le bruit.

En outre à ces impacts qui sont difficile, voir impossibles à évaluer, il existe d'autres effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet ;
- L'effet de barrière entre deux centres urbains ;
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

IX.4.3.1 La destruction

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs.

Ces impacts concernent :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer ;
- Les populations situées au périmètre d'accueil.

Elles sont d'ordre :

- **Economique** : modification des systèmes de production.
- **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

IX.4.3.2 Bruit

La construction d'une autoroute au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- La fatigue.
- Baisse de l'acuité auditive.
- Perte de sommeil.

Pour remédier cet impact, il faut :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à la proximité.

Dans le cas d'immeubles de grande hauteur, ces dispositifs sont incapables de protéger les étages supérieurs.

En générale on peut avoir recours à :

L'amélioration de la couche de roulement : en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

IX.4.4 Infrastructure et paysage

La création d'une infrastructure peut être l'occasion de favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées

IX.5 Les études d'urbanisme

Les études d'urbanisme sont fondamentales pour l'étude d'une infrastructure de transport en zone agglomérée ou péri agglomérée. Ces études mettront en évidence l'affectation des zones à l'intérieur du périmètre d'étude (zone d'activités économiques, zones commerciales, zones d'habitat en distinguant habitat collectif, habitat individuel, densité de population ...). Il sera pris en compte les projets de développement inscrits dans les différents documents de planification, mais aussi les projets de développement particuliers. Les informations permettant d'alimenter la réflexion sont disponibles dans les mairies, les communautés d'agglomération ou de communes, les chambres de commerce Il sera alors nécessaire de définir les besoins d'échange de ces zones entre elles, mais aussi avec les communes, les régions voisines. Ces données alimenteront aussi les études de circulation.

Elles permettront aussi de positionner les points d'échange et leur nature. Comme nous l'avons indiqué pour les autres thématiques et dès que le projet sera défini, il sera aussi nécessaire d'étudier l'impact de l'infrastructure sur le développement des zones concernées.

IX.6 Principaux impacts environnementaux et sociaux du notre projet

IX.6.1 Impacts positifs

- Moderniser le réseau routier de l'Algérie.
- Relier la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest.
- Réaliser les axes routiers qui structurent le territoire et contribuent au développement du pays.
- Améliorer les conditions de sécurité du transport.
- La réduction des coûts de transport (gain du temps, sécurité, Carburant ...).
- Moins de gaz polluants et moins de bouchons dans les villes.
- L'accès faciles aux autres villes.
- Baisse de l'accidentologie et de la mortalité.
- Détournement des agglomérations.
- Accroître la vitesse du transport.
- Meilleure utilisation des véhicules.

IX.6.2 Impacts négatifs

- Destruction du paysage, mortalités animale, pollution lumineuse.
- Le bruit, les vibrations sonores et des problèmes de sécurité pendant les travaux et à la mise en place des équipements et des matériaux de construction.
- L'effet de modification du régime agricole.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche des parcelles agricoles, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).

IX.7 Les précautions à prendre

Il faut prendre toutes ces précautions :

- Des ouvrages de franchissement seront construits pour ne pas entraver l'écoulement des eaux de surface et celui des cours d'eau sera rétabli dans leur état original ;
- Les travaux seront coordonnés de manière à ce qu'il n'y aura pas d'interruptions de service et si cela sera nécessaire, des mesures, d'accompagnement sont prévues pour l'amélioration de cadre et des conditions de vie de la population riveraine ;

- Réhabilitation des biens des particuliers touchée lors des travaux ;
- Indemnisation des terrains appartenant au particulier ;
- Réalisation des soutènements là où il y'a risque d'érosion ;
- Les arbres abattus doivent être plantés.

IX.8 Conclusion

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles pendant les trois étapes successives de la vie de cette route (conception, construction et exploitation) et préconiser aussi une étude dans le cadre de l'aménagement de territoire futur de cette région car une route fiable génère une activité socio-économique plus intense donc des effets plus importants sur la route.

Estimation de devis

X. Estimation de devis**Avant-projet détaillé****Réalisation de la pénétrante autoroutière, reliant la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest au niveau de Djebahia**

Désignation	Unité (U)	PU (DA)	Quantité	Montant
<u>1-Travaux de préparation</u>				
1.1 Implantation et nivellement.	Km	50 000,00	16300	815 000 000,00
1.2 Ouverture de l'emprise au Bull Dozer	Km	100 000,00	16300	1 630 000 000,00
<u>2-Installation du chantier</u>				
	F	2 000 000,00	1	2 000 000,00
<u>3-Terrassements</u>				
3.1 Déblais mise en dépôt	M ³	300,00	374938	112 481 400,00
3.2 Déblais mise en remblais	M ³	600,00	4090416	24 542 469 600,00
<u>4-Chaussée</u>				
4.1 Couche de fondation en grave bitume (Ep= 0,15 m).	M ³	400,00	14 849,6	5 939 840,00
4.2 Couche de base de base en grave bitume (ep=0.14m)	M ³	400,00	13 859,6	5 543 840,00
4.3 Couche de roulement (ep=0.06m)	T	5000,00	16 212.72	81 063 600,00

TOTAL (H.T) :.....27 194 498 280,00 DA

TOTAL (T.T.C) :.....32 361 452 953,00 DA

Arrête le présent devis estimatif à la somme en T.T.C :

Trente-deux milliards trois cent soixante et un millions quatre cent cinquante-deux mille neuf cent cinquante-trois dinars Algériens.

REMARQUE :

Les prix unitaires pris en compte lors de l'élaboration de ce devis sont les plus couramment utilisés pour les travaux routiers, aussi l'absence des détails sur le mode d'exécution de certains postes et le manque de données font de notre montant une estimation approximative.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude consiste en la conception d'un tronçon autoroutier de la pénétrante est-Ouest devant relier la ville de Tizi-Ouzou à la commune de Djebahia de la wilaya de Bouira.

Cette autoroute de liaison va permettre plusieurs avantages tel que :

- Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas de Bouira et Tizi-Ouzou et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
- Contribuer à l'amélioration de la communication de la ville avec l'intérieur et le reste du pays.
- Soulager la RN12 principal axe de la wilaya en offrant un raccourci vers l'intérieur du pays.
- Garantir le plus haut degré de sécurité, le confort optimal des usagers et la réduction du temps de marche jusqu'à 40 minutes après avoir été d'environ 1h30 ou 2h.

Pour notre démarche d'étude, nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour faire face aux contraintes rencontrées sur le terrain en prenant en considération, le confort, la sécurité des usagers, l'économie et l'environnement.

Cette autoroute est constituée de deux chaussées à trois voies chacune séparées par un terre-plein central (TPC) de 1.5 m et une bande d'arrêt d'urgence de 2.5 m de largeur.

Le cout de réalisation de ce tronçon a été estimer à **Trente-deux milliards trois cent soixante et un millions quatre cent cinquante-deux mille neuf cent cinquante-trois dinars Algériens.**

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises durant notre formation afin de pouvoir réaliser la conception du tronçon autoroutier qui relie les deux villes de Tizi Ouzou et Bouira. De plus, nous avons tiré profit de l'expérience de personnes du domaine, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour la conception et le dimensionnement d'un tracé autoroutier.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels: PISTE5, AUTO CAD, ALLIZEE III vue leur traitement rapide et la précision de leurs résultats.

Bibliographie

XI. Bibliographie

B40, N. (s.d.). *Norme technique d'aménagement des routes* .

civil, L. m. (s.d.). *Le monde de génie civil*. Récupéré sur <http://forum-btp.blogspot.com/>

CTTP. (2001). *Catalogue de DIMENSIONNEMENT des chaussées neuves (fascicule1)*.

GHANEM.F, M. (2019). *COURS DE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES ROUTES* . TIZIOUZOU.

HOLDİNG, K. (2019). *Grupman O.N.E. Müdürü Mehmet S. Oğuz, Tizi Ouzou Otoyolu Projesini anlatıyor / Özgün İnşaat*. Récupéré sur youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=q6tg0YLtR40>

inchaat, o. (2019). Récupéré sur <https://www.youtube.com/watch?v=VCSx-EY5GUc>

İNŞAAT, Ö. (2019). TiziOuzou, Algérie .

its, S. (2019). *Sterela its*. Récupéré sur <http://www.sterela-its.fr/>

Kalli Rahal, F.-Z. G. (2012). *Manuel de projet de route*. Alger.

Setra. (2004). *comptage temporaire du trafic routier*. france.

Annexe

