

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou



ⵍⵓⵍⵓⵔ ⵎⵎⵎⵉⵔⵉ ⵏ ⵜⵉⵣⵉ ⵔⵓⵣⵓ

Faculté du génie de construction
Département de génie civil

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master professionnel en génie civil
Option : Voies et ouvrages d'art

Thème :

Etude d'un tronçon de 3km de la Pénétrante de Tizi Ouzou avec la conception d'un Echangeur



Proposé et dirigé par :

M^R GABLS

Réalisé par :

M^R AMMOUCHAS OUALID

M^{elle} AMRANE LILA

Promotion : 2014/2015

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions **Dieu** tout puissant qui nous à donné le courage en ce mois de Ramadan afin de mener ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur **Mr GABI** de nous avoir encadrés, suivis, soutenus et orientés durant l'élaboration de ce travail.

Notre gratitude à tout le personnel de la **D.T.P** et de **TIZI OUZOU**.

Nous remercions aussi tous les **enseignants** qui nous ont suivis durant toute la formation.

Tous nos remerciements aux membres du jury qui nous ferons l'honneur de juger notre travail.

Dédicaces

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Je dédie ce travail à la mémoire de mon frère

Ma très chère famille.

*Mon binôme **OUALID***

Mes très chères ami(e)s

Lila

Dédicaces

À mes chers parents à qui je dois tout, ma mère **Safia** et mon
père **Saïd**

À mes frères **Mouhend-Saïd** et **Hacen**

A ma sœur **Souhila** et son époux **Ali**

À mon binôme **Lila** avec qui j'ai partagé ce travail.

A mes tout mes amis de l'université avec qui j'ai partagé des
moments de et rires et de peines durant mon cursus
universitaire

Oualid

SOMMAIRE

AVANT PROPOS

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU PROJET

I- Introduction.....	1
II- Aperçu sur la wilaya de tizi-ouzou	1
III- Description du projet.....	2
IV- Objectif et utilite du projet.....	4

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

I- Introduction.....	5
II- Definitions.....	5
III- L'analyse des trafics existants	6
IV- Differents types de trafics	6
V- Modeles de presentation de trafic	7
VI- Capacite des voies.....	8
VII- La procedure de determination de nombre de voies	9
VIII- Application au projet.....	12
IX- Conclusion	15

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

I- Introduction.....	16
II- Categorie des autoroutes de liaison selon l'ictaal.....	17
III- Presentation du logiciel.....	18
IV- Profil en travers.....	19
V- Trace en plan « en situation »	21

VI- Profil en long..... 24

VII- Trace dans l'espace (coordination TP ; PL)..... 25

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE

I- Introduction..... 30

II- Programme de reconnaissance geotechnique 31

III- Classification des sols selon le **GTR** « NORME NF P 11 300 » 31

IV- Exemple de classification «PK 3+ 530 » 34

V- Conditions de reutilisation du sol en remblais..... 35

VI- Aperçu sismique..... 37

VII- Conclusion..... 38

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

I- Introduction..... 39

II- Types de chaussee..... 39

III- Les parametres pris en compte pour le dimensionnement des chaussees.... 42

IV- Les methodes de dimensionnement 42

V- Application au projet..... 44

VI-Verification en fatigue des structures et de la deformation du sol support .. 49

VII- Conclusion..... 54

CHAPITRE VI: ETUDE DE L'ECHANGEUR

I- Introduction..... 55

II- Disopositions conventonnelles « ictaal » 56

III- Application au projet..... 59

CHAPITRE VII: ETUDE HYDROLOGIQUE

I- Introduction..... 63

II- Etude hydrologique	63
III- Methodes d'évaluation du debit d'apport des bassins versant naturels.....	64
IV- Domaines d'application des differentes methodes	65
V- Demarche de calcul du debit de ruissellement par LA METHODE RATIONNELLE	65
VI- Calcul de débit de saturation(q_s).....	69
VII- Application au projet	70
VIII- Calcul du debit capable des ouvrages hydrauliques	76
IX- Dimensionnement des ouvrages hydrauliques.....	77
CHAPITRE VIII: CUBATURE	
I- Introduction	83
II- Definitions.....	83
III- Methodes de calcul des cubatures.....	83
IV- Exemple d'application	84
CHAPITRE IX: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	
I- Introduction	86
II- L'objectif de l' etude.....	86
III- Cadre juridique.....	86
IV- Les differents impacts	86
V- Conclusion	89
CHAPITRE X: SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS	
I- Signalisation.....	90
II- Equipements.....	97
1). L'éclairage public	97
2). Dispositifs de sécurité	99



Conclusion générale

Bibliographie

Annexes

LISTE DE FIGURES

Figure I- 1 : Localisation du tronçon.....	3
Figure III- 1:Profil du terrain.....	18
Figure III- 2:Etapes de réalisation d'un projet routier sur AUTOCAD CIVIL 3D.....	19
Figure III- 3:Profil type de l'autoroute (2x2).....	20
Figure III- 4:tracé en plan.....	24
Figure IV- 1: Etats hydriques.....	33
Figure IV- 2:Classes de sol.....	34
Figure IV- 3 : Sous classes de « C ».....	34
Figure IV- 4: Zones sismiques en Algérie.....	38
Figure V- 1:schéma récapitulatif de différents constituants de la chaussée.....	39
Figure V- 2:nomenclature d'une chaussée.....	41
Figure V- 3:Les étapes à suivre pour la méthode de catalogue.....	44
Figure VI- 1: Analyse des échanges.....	55
Figure VI- 2 : Vitesse conventionnelle dans une bretelle en fonction du rayon de la courbe.....	56
Figure VI-3 : Dispositif d'entrée en autoroute.....	56
Figure VI- 4 : Dispositif de sortie de l'autoroute.....	57
Figure VI- 5: longueur «d'accélération/décélération » en fonction du rayon.....	58
Figure VI- 6: Inscription des véhicules dans un virage.....	59
Figure VII- 1:Délimitation des bassins versants.....	70
Figure VII- 2:schéma d'une buse.....	80
Figure VII- 3:Schéma du dalot.....	81
Figure X- 1:caractéristiques géométriques d'une installation d'éclairage public.....	98
Figure X- 2:séparateurs projetés sur la route.....	100
Figure X- 3:glissières de sécurité métalliques.....	100

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II- 1:Capacités pratiques des routes.....	9
Tableau II- 2:Coefficient d'équivalence du poids lourds.....	10
Tableau II- 3:catégories des routes.....	11
Tableau II- 4:Données du trafic.....	12
Tableau II- 5:Résultats de calcul.....	14
Tableau III- 1:Variation du devers en fonction du rayon « ICTAAL L1 Dévers maximum : 7.0% »	21
Tableau III- 2:longueurs limites des alignements droites.....	23
Tableau III- 3:Valeurs minimales des rayons du tracé en plan.....	23
Tableau III- 4:Caractéristiques des éléments du tracé en plan.....	24
Tableau III- 5:Valeurs limites du profil en long (ICTAAL).....	25
Tableau III- 6:Caractéristiques géométriques du profil en long du projet.....	25
Tableau IV- 1:Caractéristiques du sol traversé.....	30
Tableau IV- 2:Codes des conditions de réutilisation des sols en remblai.....	35
Tableau IV- 3: Récapitulation des données et résultats.....	36
Tableau IV- 4: Condition d'utilisation des sols en remblai « GTR SETRA-LCPC ».....	37
Tableau IV- 5:Coefficients des zones sismiques « RPA 99 ».....	38
Tableau V- 1:Les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés.....	43
Tableau V- 2:sur classement avec couche de forme en matériau non traité.....	45
Tableau V- 3: Récapitulatif des résultats « CBR ».....	46
Tableau V- 4:Classes des réseaux principaux.....	47

Tableau V- 5:classes portance du sol-support.....	47
Tableau V- 6:Zones climatiques de pluviométrie.....	48
Tableau V- 7: choix des températures équivalentes.....	51
Tableau V- 8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	51
Tableau V- 9: Valeurs de $t=f(r\%)$	53
Tableau V- 10:Déformations.....	54
Tableau V- 11: Résultats de du calcul ALIZE.....	54
Tableau VI- 1:Profil en long « ICTAAL ».....	59
Tableau VI- 2:Vitesses sur les bretelles.....	61
Tableau VI- 1:Paramètres des différentes sections des bretelles.....	61
Tableau VI- 2:Surlargeur.....	62
Tableau VI- 5: Profil en travers des bretelles.....	62
Tableau VII- 1:Plage d'utilisation pour chacune des trois formules.....	65
Tableau VII- 2:variable de GAUSS (fonction de la période de retour).....	67
Tableau VII- 3:coefficients de rugosité.....	69
Tableau VII- 4:caractéristiques des bassins versants.....	70
Tableau VII- 5:coefficients de ruissellement.....	73
Tableau VII- 6:Section et débit d'apport de bassin versant 01.....	74
Tableau VII- 7: Débit d'apport de bassin versant 02.....	74
Tableau VII- 8:Section et débit d'apport de bassin versant 03.....	75
Tableau VII- 9: débit d'apport de bassin versant 04.....	75
Tableau VII- 10:section et débit d'apport de bassin versant 05.....	76
Tableau VII- 11:liste des ouvrages hydrauliques.....	82

« AVANT PROPOS »

Avec la croissance du parc national de l'automobile, le réseau routier national enregistre une insuffisance apparente face à l'importance du flux de trafic quotidien ; l'automobiliste souffre le martyr dans les embouteillages infinis pour effectuer un simple déplacement d'une ville à l'autre. Comme se fait le cas de la RN12 reliant la wilaya de Tizi-Ouzou à la capitale avec une longueur de 100km environ; durant les heures de pointe, les automobilistes mettent jusqu'à 3 heures de temps rien que pour aller de bout à bout.

De ce fait, une pénétrante Nord-Sud vers l'autoroute Est-Ouest s'impose, à fin de soulager la RN12 et redonner du plaisir au voyage d'une part, et désengorger la ville de Tizi-Ouzou en un temps réduit ce qui réduira les phénomènes de congestion et formation de bouchons en plain ville d'une autre part.

Proposé par la Direction des Travaux Public (DTP) de Tizi-Ouzou, notre projet consiste à étudier un tronçon de cette pénétrante en phase Avant Projet Détaillé. Où on a concrétisé les principes et recommandations apprises durant les cinq années du cursus universitaire, dont trois années ont été consacrées particulièrement au domaine de génie civil.

Chapitre 1

DESCRIPTION DU PROJET

I- INTRODUCTION

Dans le cadre du développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Tizi-Ouzou et pour dynamiser les échanges interrégionaux, le schéma directeur routier national a prévu une pénétrante Nord-sud, de la ville de Tizi-Ouzou (RN12) à la wilaya de Bouira (autoroute est-ouest) au niveau de DJEBAHIA, en suivant le cours de la RN25, qui dans son état actuel traverse plusieurs agglomérations tel que Draa Ben Khedda, Draa El Mizane , AOMAR....

II- APERÇU SUR LA WILAYA DE TIZI-OUZOU

1) Toponymie

Le nom de la localité est constitué de la base kabyle *Tizi* signifiant « col (de montagne) » et du second composant *Ouzou* (du berbère *Azzu*) signifiant « genêts ». Le nom complet de la localité signifie donc « le col des genêts ».

La « ville des genêts » ou la « capitale du Djurdjura » sont deux surnoms communément donnés à la ville.

2) Histoire de la ville de Tizi-Ouzou

Tizi-Ouzou était autrefois formée de villages construits aux **sommets des montagnes** pour se protéger de l'envahisseur et le voir arriver de loin. C'est de cette manière que l'armée française a eu du mal à occuper la Kabylie. La ville basse d'aujourd'hui est formée essentiellement de constructions coloniales. Le passage des villages vers la ville s'est fait après 1962 (indépendance de l'Algérie). Toutefois, certaines petites communes se sont formées durant l'occupation avec la création des camps français où étaient regroupées les familles algériennes. C'est notamment le cas du **camp du Maréchal** qui deviendra plus tard la commune de **Tademaït** (Est de la Wilaya de Tizi-Ouzou).

3) Transport

✓ Infrastructures routières

La ville de Tizi-Ouzou bénéficie d'un réseau routier très dense. *ROCADE SUD*, périphérique livré contourné permet de contourner par le sud de Boukhalfa à Tazmalt n'El Kaf.

Les sorties de la rocade sud (dans le sens Alger-Béjaïa) sont :

- ✓ sortie 1: Tizi-sud ouest/Tala Allam/Bouira/Boughni/Draa El Mizane. Cette sortie sera également le point de chute la future pénétrante autoroutière devant relier Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest.
- ✓ sortie 2: Tizi-Bd Khaled Khodja/Centre-ville/Beni Zmenzer/Bouhinoun.
- ✓ Sortie3: Tizi-nouvelle-ville/Tizi-gare multimodale kef naadja/Université Hesnaoua/Mâatkas.
- ✓ sortie 4: Tizi-est/Tizi-abattoirs/Beni Douala.
- ✓ Sortie5:Bejaïa/Azazga/Mekla/LarbaaNathIrathen/AïtYenni/Ouadhia/Irdjen/Bar rage Taqsebt.

✓ **Transport routier**

La ville est reliée à Alger, Bejaïa, Blida, Oran, Bouira et plusieurs localités kabyles par un important réseau routier.

La ville de Tizi-Ouzou possède une gare routière. Une ligne de bus relie Tizi-Ouzou, quatre fois par semaine, aux villes du grand sud algérien, notamment : Hassi Messaoud, Ouargla, Ghardaïa, Laghouat, Djelfa et Bou Saada.

✓ **Transport ferroviaire**

Tizi-Ouzou possède une gare ferroviaire. La ligne Tizi-Ouzou-Alger a été interrompue à la suite des différents attentats ayant ciblé la région dans les années 1990 et 2000. La ligne a été remise en service en juillet 2009 après 15 ans d'arrêt, dans un premier temps elle effectuera une rotation aller-retour par jour entre Tizi-Ouzou et Alger. Un projet d'extension de la ligne jusqu'à Azazga est prévu (en passant par le pôle universitaire de Tamda).

III- DESCRIPTION DU PROJET

1) La pénétrante :

Ce nouvel axe autoroutier et projeté en 2x2 voies élargissable en 2x3 voies, il s'étend sur une linéarité totale de 48 km environ, elle prend naissance dans la Wilaya de Bouira au niveau de « **Djebahia** » pour prendre fin au niveau de l'échangeur de « **OUED FALLI** »

La prédominante partie est du côté de la willaya de **TIZI-OUZOU** avec une linéarité de 36km, prenant naissance au niveau de **TIZI-LARBAA « DRAA EL MIZANE »** en direction sud-nord franchissant le futur barrage de **TIZI-N'TLATA** elle contourne la ville de **DRAA BEN KHEDDA** par son côté sud et aboutir en fin à l'échangeur de **OULED FALLI**.

Le terrain traversé par cet axe autoroutier est constitué d'un relief accidenté et des pentes importantes en partie ainsi que des butés qui ont nécessité des tunnels. Le tracé traverse aussi un nombre important d'Oueds et de talwegs par des grands viaducs dont la portée atteint 600 ML.

2) Tronçon du projet

Le tronçon sujet de notre projet qui fait partie de la pénétrante, se situ au lieu dit « **BOUFHIMA** » à 3km du point de départ et s'étend sur 3,220 Km « du Pk3+000 au Pk6+220; le tronçon traverse un terrain vallonné avec une faible sinuosité et prend fin au PK6+220 au niveau du barrage de **DEM**.



Figure I- 1 : Localisation du tronçon

IV- OBJECTIF ET UTILITE DU PROJET

Ce projet constituera une pénétrante Nord - Sud qui reliera la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est -Ouest, une fois achevé il présentera 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.
- Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la willaya de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest avec un temps de parcours ne dépassant pas les 30mn.
- Soulager la RN12 principal axe de Tizi-Ouzou en offrant un raccourci vers l'intérieur du pays.
- Permettre un gain de temps pour les usagers de l'actuelle RN25.

Chapitre I

ETUDE DU TRAFIC

I- INTRODUCTION

Il convient tout d'abord de rappeler que la forte croissance du nombre de déplacements est directement liée à des hypothèses de croissance démographique et d'emplois très ambitieuses.

Ces hypothèses se traduisent nécessairement par un accroissement du trafic assuré par la route. La pénétrante nord-sud de Tizi-Ouzou vers l'autoroute est-ouest ne permet pas d'éviter cette augmentation du nombre de déplacements routiers par rapport à la situation actuelle. La saturation du réseau routier risque donc de s'aggraver entraînant une diminution de l'accessibilité routière.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers qui est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

II- DEFINITIONS

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés:

- ✓ **Trafic de transit:** origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation)
- ✓ **Trafic d'échange:** l'origine est à l'intérieur de la zone étudiée et la destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange)
- ✓ **Trafic local:** trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- ✓ **Trafic moyen journalier annuel (T.M.J.A.)** égal au trafic total de l'année divisé par 365.
- ✓ **Unité de véhicule particulier (U.V.P.)** exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur qui est fonction de l'environnement (vallonné ou plat...etc)

- ✓ Les trafics aux heures de pointe (les heures de pointe du matin HPM, et les heures de pointe du soir HPS).
- ✓ Le trafic journalier de fin de semaine.
- ✓ Le trafic journalier moyen d'été: important pour les régions estivales.

III- L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

Plusieurs méthodes permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics. On veille cependant à adapter le niveau de connaissances aux besoins.

Le coût des investigations conduit à limiter celles-ci à ce qui est nécessaire mais on s'attache à disposer aussi de l'ensemble des éléments permettant de décider en connaissance de cause.

Il est également nécessaire de choisir l'outil de mesure susceptible de fournir les informations nécessaires.

Enfin, on peut être amené à procéder en plusieurs étapes et à affiner l'étude de trafic au fur et à mesure de l'avancement de l'étude de l'ensemble du projet.

Les méthodes utilisées peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages (automatiques, manuels, directionnels, directionnel par numéro de voiture ou film).
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes de circulation (simplifiées, complète, de stationnement, mesure de vitesse, pesées d'essieux).

IV- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafics :

a) **Trafic normal**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement (RN25) sans prendre compte du nouveau projet.

b) Trafic dévié

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

c) Trafic induit

C'est le trafic nouveau du à l'aménagement, qui ne s'effectuaient pas antérieurement à cause de la mauvaise qualité de la route par exemple c'est un trafic qui avant se faisaient ailleurs d'autre destinations.

d) Trafic total

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

V- MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

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

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

1) Prolongation de l'évolution passée

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic « T_n » à l'année « n » sera :

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

Soit :

T_0 : Le trafic à l'arrivée pour origine (à l'année zéro).

T_n : Le trafic à l'année horizon

τ : le taux de croissance annuel du trafic.

2) **Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques**

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- ✓ Produit nationale brute (PNB).
- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de notre étude.

3) **Modèle gravitaire**

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

4) **Modèle de facteurs croissance**

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine-destination.

La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

VI- **CAPACITE DES VOIES**

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation (congestion significative). C'est le trafic horaire au delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend:

- ✓ Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, il l'est beaucoup moins en rase campagne, où la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).
- ✓ Des conditions météorologiques.
- ✓ Des caractéristiques géométriques de la route.

Capacités pratiques des routes :

Ces valeurs sont valables pour des sections en rase campagne, hors zones de carrefour et pour des régions relativement plates. Unité: UVP / jour.

Si on raisonne sur les débits horaires les résultats sont les suivants pour une route à une seule chaussée et à deux voies de 3,50 m.

Type de voie	Seuil de gêne	Seuil de saturation
2 voies	8 500	15 000
3voies	12 000	20 000
2x2voies	25 000	45 000
2x3voies	40 000	65 000

Tableau II- 1:Capacités pratiques des routes

VII- LA PROCEDURE DE DETERMINATION DE NOMBRE DE VOIES

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

Le Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A) égal au trafic total de l’année divisé par le nombre de jour ; on l’exprime en véhicules/jour.

1) Trafic à un horizon donné « TJMA_h »

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

- Soit TJMA_h le trafic à l’année horizon.
- Soit TJMA₀ le trafic à l’année zéro.

On a:

$$TJMA_h = TJMA_0 \times (1 + \tau)^n \quad \text{« } \tau, n \text{ sont définies précédemment »}.$$

2) Trafic effectif

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (uvp) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en uvp (tableau ci-dessous).

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon, en (uvp/j)

Z : pourcentage de poids lourds.

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

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonnes caractéristique	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

Tableau II- 2:Coefficient d'équivalence du poids lourds

3) Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon h. Il est donné par la formule suivante :

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

En général, on retient $(1/n) = 0,12$.

Soit : $Q = 0,12 \times T_{\text{eff}}$

Q : est exprime en UVP/h

4) Débit horaire admissible

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

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

Avec :

✓ K_1 : coefficient lié à l'environnement.

$K_1 = 0,75$ pour E_1 , $K_1 = 0,85$ pour E_2 et $K_1 = 0,90$ à $0,95$ pour E_3 .

✓ K_2 : coefficient de réduction de capacité.

Les valeurs usuelles de K_2 sont données par le tableau suivant

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	0.96	0.96

Tableau II- 3:catégories des routes

C_{th} : La capacité théorique pour des conditions normales de trafic prend les valeurs moyennes ci-dessous :

* Route à 2 voies de 3,5m : 1500 à 2000 UVP/h.

* Route à 3 voies de 3,5m : 2400 à 3200 UVP/h.

* Route à chaussées séparées : 1500 à 1800 UVP/h/sens.

5) Calcul du nombre de voies

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier :

$$n = S \times Q / Q_{adm}$$

Avec :

S : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général il est pris égal à $2/3$.

VIII- APPLICATION AU PROJET

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode « prolongation de l'évolution passée », parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

Données de trafic :

Routes	Sections	TJMA(2007) véh /jour	(%) accédant à la pénétrante
RN12	Tadmaït-TO	27600	10
RN68	DEMizan-TGheniff	8720	40
RN25	DEMizan-Aomar	7760	60
RN25	DEMizan- DBKhedda	4030	60

Tableau II- 4:Données du trafic

- Le trafic à l'année 2007 : $TJMA=13322/2 =6661$ v/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau =4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $VB=120$ Km/h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z=35\%$.
- L'année de mise en service : **2017**.
- La durée de vie du projet: **20ans**.
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E_2 on a $P=6$
- Les coefficients correcteurs : $K_1=0.85$ pour E_2 .

$$K_2= 0.99 \text{ pour } E_2 \text{ et } C_1.$$

- La capacité théorique : $C_{th}= 2400$ (E_2 , C_1 et pour une chaussée séparée à 3 voies)

Projection future de trafic :

L'année de mise en service 2017

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

Avec :

- ✓ TJMA_h: trafic à l'horizon (année de mise en service 2017).
- ✓ TJMA₀: trafic à l'année zéro (origine 2007).
- ✓ TJMA₂₀₁₇ = 6661. $(1 + 0,04)^{10} = 9\ 860$ v/j.
- ✓ TJMA₂₀₃₇ = 9 860. $(1 + 0,04)^{20} = 21\ 605$ v/j.
- ✓ TJMA₂₀₁₇ = 9 860 v/j.
- ✓ TJMA₂₀₃₇ = 21 605 v/j.

Calcul de trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P] TJMA_h$$

Avec:

- ✓ P = 6 (terrain vallonné): coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds.
- ✓ Z: le pourcentage de poids lourds.
- ✓ $T_{\text{eff}} = 21\ 605 \times [(1 - 0.35) + 6 \times 0.35] = 59\ 414$ uvp/h.

$$T_{\text{eff}} = 59\ 414 \text{ uvp/h}$$

Débit de Pointe horaire normal :

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon: il est donné par la formule :

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

Avec:

- ✓ « 1/n »: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12
- ✓ $Q_{36} = 0.12 \times 59\ 414 = 7\ 130$ uvp/h

$$Q_{36} = 7\ 130 \text{ uvp/h}$$

Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée ;

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

Avec :

- ✓ K_1 et K_2 sont des coefficients correcteurs.
- ✓ C_m : capacité théorique.
- ✓ $Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2400 = 2020$ uvp /h

$Q_{adm} = 2\ 020$ (uvp/h).

Le nombre de voies :

$$n = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

- ✓ S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.
- ✓ $n = (2 / 3) \times (7130 / 2020) = 2,35 \approx 3$.

N = 3 voies /sens

➤ **Résultats de calcul**

JMA ₂₀₀₇ (v/j)	TJMA ₂₀₁₇ (v/j)	TJMA ₂₀₃₇ (v/j)	Teff ₂₀₃₇ (uvp/j)	Q _{adm} (uvp/h)	Nbre de Voies Par sens
6661	9 860	21 605	59 414	2 020	3

Tableau II- 5:Résultats de calcul

Calcul de l'année de saturation :

$$T_{eff2017} = [(1 - 0,35) + 6 \cdot 0,35] \cdot 9\ 860 = 27\ 115 \text{ (uvp/j)}.$$

$T_{eff2017} = 27\ 115$ (uvp/j)

D'où :

$$Q_{2017} = 0,12 \times 27\ 115 = 3\ 254 \text{ (uvp/j)}.$$

Et on a :

$$Q_{Saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

$$Q_{Saturation} = 4 \times 2020 = 8\ 080 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{Saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2017} \iff n = \log(Q_{Saturation} / Q_{2017}) / \log(1 + \tau)$$

D'où :

$$n = \log (8\ 080 / 3\ 254) / \log (1+0,04) = 23.26 \approx 24\text{ans} \Rightarrow \mathbf{n=24\text{ans.}}$$

Donc l'année de saturation = 2017+24=2041.

CONCLUSION:

Le profil en travers de notre projet, selon l'étude de trafic, est composé de : **(2×3) voies de 3,5m de largeur.**

La saturation surviendra **24 ans** après l'année de mise en service soit en **2041**.

Chapitre III

ETUDE GEOMETRIQUE

I- INTRODUCTION

Le réseau routier offre un certain confort aux usagers. Ce niveau de bien-être ressenti dépend, entre autres, des caractéristiques géométriques de la route. La combinaison de courbes, de pentes, de la largeur des voies et des accotements influencent l'aisance de l'utilisateur à négocier les virages et à anticiper les situations qui peuvent se produire.

1) Vitesse de référence (de base). Vitesse pratiquée. Vitesse réglementaire

Le premier choix est celui de la vitesse de projet (**vitesse de référence**). C'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Elle est donc imposée par les **zones** dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes et elle permet ainsi de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières.

Pour éviter tout effet de surprise, la vitesse de référence doit être la même sur de longues sections (**50 km ou plus**) et la transition entre deux sections de vitesses de référence différentes doit être perceptible.

Les cinq valeurs de vitesse de référence retenues par les instructions relatives au réseau national français sont les suivantes : **40, 60, 80, 100, 120 km/h**. En fait les vitesses pratiquées sont souvent supérieures à la vitesse de référence. Il est important pour le projecteur de connaître la façon dont elles sont influencées par la géométrie de la route. Les observations faites dans divers pays permettent d'énoncer les conclusions suivantes :

- le rayon en plan n'a d'influence sensible qu'au-dessous de 300 m ;
- les rampes ont une influence modérée ;
- les caractéristiques générales du profil en travers ont une influence sensible. Le conducteur ne se sent pas à l'aise sur une route de 5 m et modère son allure. À l'inverse, il roule vite et même très vite sur les routes à 2 × 2 voies, même non autoroutières ;
- les vitesses sont dans l'ensemble peu influencées par les panneaux de limitation de vitesse, sauf s'ils sont renforcés par des feux clignotants.

Des **vitesses réglementaires** ou vitesses limites ont été définies dans la plupart des pays, différentes suivant les types de voies, leurs caractéristiques géométriques (profil en travers essentiellement), leur environnement (urbain, périurbain, rase campagne), les conditions météorologiques.

Fixées dans un but de sécurité, et ne différenciant qu'un nombre très restreint de types de situation, elles sont forcément très générales et ne constituent pas un objectif d'aménagement de la voie. Rien n'interdit, en particulier, de choisir des vitesses de référence supérieures. Dans ce cas, l'objectif est d'offrir à l'automobiliste des conditions de conduite plus confortables et non pas de l'inciter à dépasser les vitesses réglementaires.

Dans notre projet on est appelés à dimensionner une autoroute de liaison avec une vitesse de base de **120 km/h** ; comme tout projet de construction ou d'aménagement du territoire, la démarche doit être justifiée par une référence de normes techniques.

L'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (ICTAAL) est le document technique le mieux adapté à ce type de routes.

II- CATEGORIE DES AUTOROUTES DE LIAISON SELON

L'ICTAAL

Le choix de la catégorie doit être le résultat de l'appréciation du niveau des caractéristiques géométriques à adapter; selon l'environnement dans lequel s'inscrit le tracé (relief, occupation du sol ...etc.), l'ICTAAL a prévu deux catégories distinctes :

- **L1** : appropriée en région de plaine ou vallonnée ou les contraintes de relief sont modérées
- **L2** : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 100 km /h. Quand il y'a lieu d'enchaîner des sections avec des catégories différentes, les axes doivent présenter une dizaine de kilomètre de longueur au minimum et le respect des règles d'enchaînement des éléments doit assurer de bonnes conditions de transition.

1) Description du relief et choix de catégorie

Le tronçon « du Pk3+000 au Pk6+220 » s'inscrit dans un site vallonné (terre agricoles) avec un couloir suffisamment dégagé de tout obstacle. Les parties du relief les plus contraignantes sont localisées en amont et en aval du projet:

- du « PK 3+150 au PK3+220 » et « du PK 5+500 au PK 5+700 », le tracé franchit deux oueds
- du « PK5+860 au PK5+960 »

Compte tenu de la vitesse autorisée qui peut atteindre 130km /h est des contraintes du site, on a opté pour la catégorie **L1**

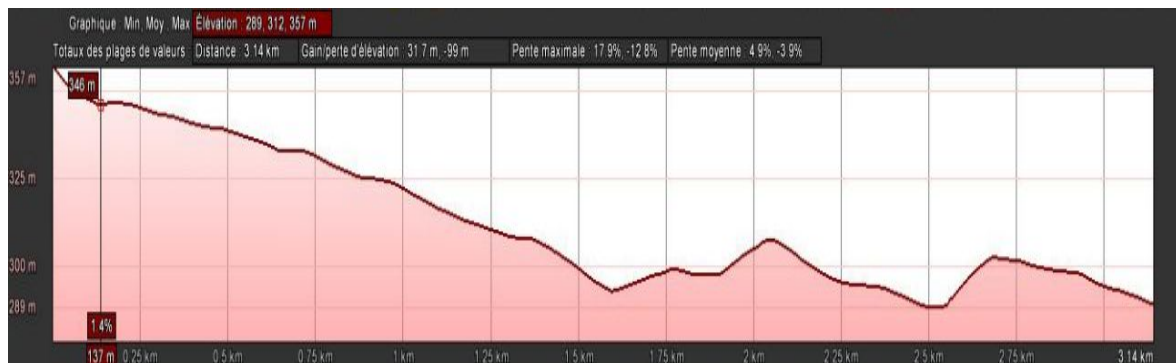


Figure III- 1: Profil du terrain

III- PRESENTATION DU LOGICIEL

Pour ce qui est de la conception géométrique on a opté pour AUTOCAD CIVIL 3D ; un logiciel plus innovant avec des fonctionnalités très développées permettant une meilleure maîtrise de chaque élément constituant le projet. Parmi nos motivations pour ce choix on peut citer :

- **Gain de temps** : prise en charge du projet du début jusqu'à la fin sans avoir besoin de basculer d'un logiciel à un autre.
- **Un espace de travail riche** : en plus des outils de dessin Autocad, Civil 3D contient des palettes spécifiques au projet routier « axe, profil en long, profil en travers, bassins versants, talus, conduites...etc.).
- **Métrie du projet** : des normes de conception programmables telle que « ICTAAL » ; ces dernières inspectent et signalent chaque erreur de conception, permettant ainsi l'obtention d'un projet avec toutes les commodités en terme de distance de visibilité, de rayon et de vers associé ...etc.
- **Possibilité de correction** : a tout moment et à n'importe quel niveau l'ingénieur concepteur peut agir et corriger les erreurs ; les changements seront pris en considération dans l'ensemble du projet.
- **Esthétique** : possibilité de personnalisation de chaque élément du dossier technique.
- **Vue 3D** : une simulation de conduite réaliste permettant de se renseigner sur l'allure du projet en terme de courbure, de déclivité et de visibilité.

- **Possibilité d'inscrire le projet dans son environnement** : avec une extension Google-earth intégrée dans Autocad civil 3D ; le concepteur peut se renseigner fidèlement sur le projet en l'exportant vers Google earth et l'inscrire dans son environnement.

➤ **Etapes de réalisation d'un projet routier sur Autocad civil 3D**

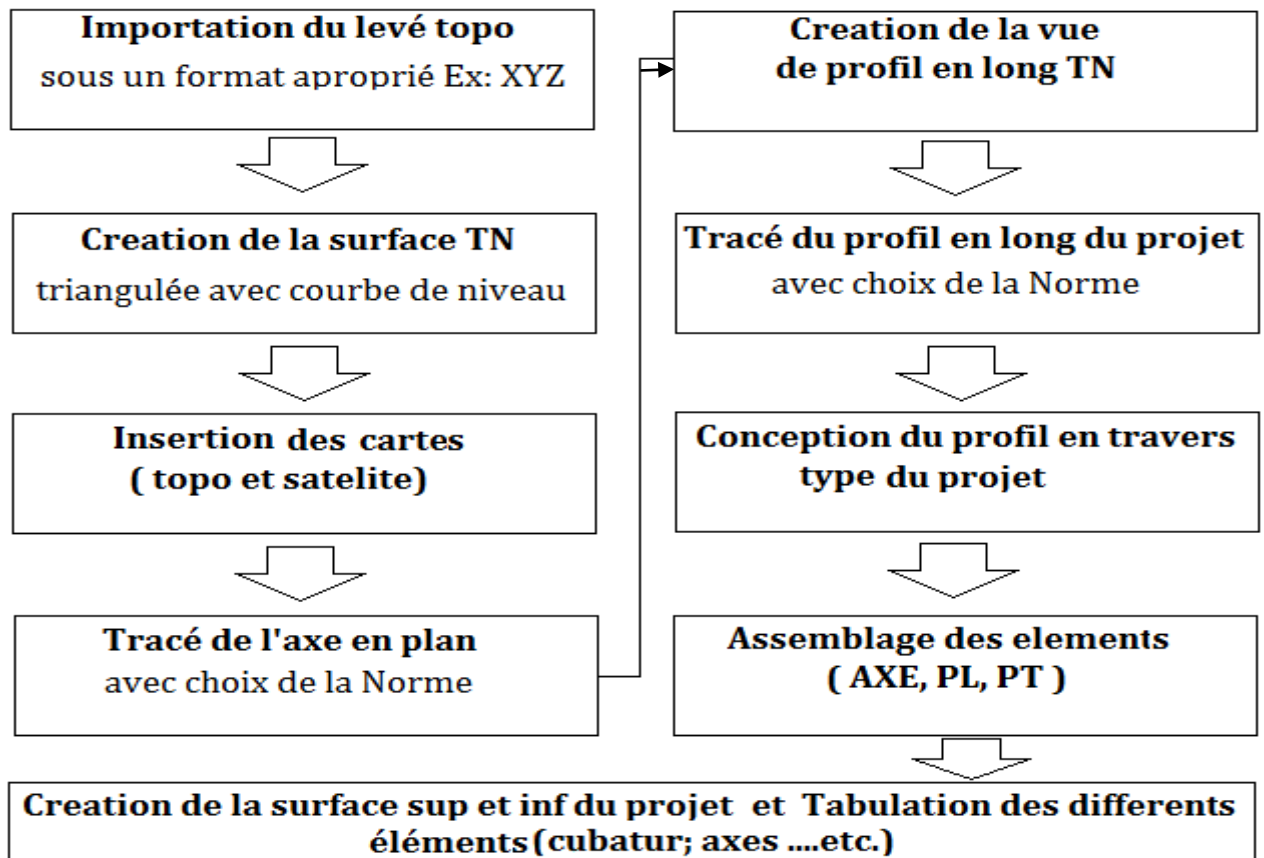


Figure III- 2:Etapes de réalisation d'un projet routier sur Autocad civil 3D

IV- PROFIL EN TRAVERS

1) Définition

C'est la coupe perpendiculaire à l'axe longitudinal d'une chaussée permettant de visualiser essentiellement la largeur de la chaussée et celle des accotements .il indique aussi les pentes transversales comme représenté sur **Figure III-3**.

Dans notre projet on à opter pour un profil en travers type à chaussées planes devisées pour acheminer l'eau de ruissellement vers les caniveaux latéraux

2) Profil type du projet

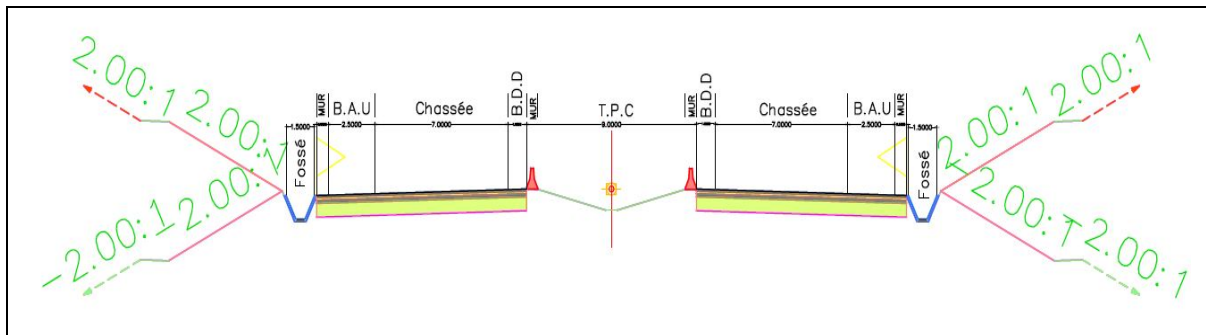


Figure III- 3: Profil type de l'autoroute (2x2)

3) Terminologie :

- 1- **Emprise** : C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.
- 2- **Plate forme** : C'est la chaussée, elle comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement la terre plein centrale.
- 3- **Chaussée** : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.
- 4- **Le terre plein central (T.P.C)** : c'est la partie rectangulaire séparant les deux sens de circulation ; il comporte :
 - a) **Bande dérasée de gauche B.D.G**: Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle elle comporte le marquage en rive; elle sert à éviter au conducteur l'effet de paroi collée, sa largeur est de **1m**
 - b) **Bande médiane**. Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à y implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation canalisation de distribution et évacuation des eaux, des aménagements paysagers...etc.). sa largeur est de **9m**
- 5- **Accotement** : Zone latérales de la plate-forme qui borde extérieurement la chaussée.
 - a. **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)** : Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur-largeur structurelle de la chaussée. sa largeur est de **2.5m**

b. La zone de sécurité : Cette zone, qui comprend la berme, doit être dépourvue de tout obstacle agressif (plantation de haute tige, poteau électrique ou d'éclairage public, tête de buse non protégée). Elle a la largeur suivante :

- 10 m sur la catégorie **L1**,
- 8,50 m sur la catégorie **L2**.

Elle comprend :

- ✓ **La berme :** elle participe aux dégagements visuels et support de signalisation verticale.
- ✓ **Le fossé :** une canalisation disposée au cotés des déblais pour recevoir les eaux pluviaux induits par le déversement transversal des chaussées et des bassins versant voisinant ; ses dimensions sont issus d'un calcul hydrologique.

4) Déversement transversal des chaussées

En alignement droit, la chaussée est déversée de 2.5% vers l'extérieur pour permettre l'évacuation de l'eau vers les fossés.

En courbe, le déversement de la chaussée vers l'intérieur de la courbe vari linéairement en fonction de $1/R$ de - 2.5 pour R_{nd} a 7% pour R_m ; il a pour effet de faire jouer un rôle actif à la pesanteur, la composante du poids du véhicule parallèle au plan de la chaussée compense partiellement la force centrifuge.

Dévers	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Rayon	1000	960	920	880	840	800	760	720	680	640	600
Clothoïde	111	107	102	98	93	98	105	112	119	126	133

Tableau III- 1:Variation du devers en fonction du rayon « ICTAAL L1 Dévers maximum : 7.0% »

V- TRACE EN PLAN « EN SITUATION »

1) Définition

C'est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, autrement dit, c'est la conception plane du projet ; il met en évidence les longueurs et largeurs des sections

rectilignes et la valeur des rayons de courbure dans les virages. Il sert aussi à guider l'ingénieur projecteur du tracé de l'axe de la route de manière à :

- S'assurer qu'il relie les deux points de départ et d'arrivée.
- Eviter au maximum les obstacles (constructions, butés, cours d'eau...).
- Minimiser le nombre de routes coupées pour des raisons économiques.

L'alignement droit est l'élément le plus simple du tracé en situation, sauf que son utilisation est peu recommandable en raison des difficultés et problèmes qu'il induit. On peut citer par exemple :

- De nuit, l'éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou un malaise du conducteur.
- Mauvaise appréciation des distances entre véhicules éloignés

L'utilisation des lignes droites doit faire l'objet d'une justification ; par exemple :

- En plaine, ou les sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites et rectilignes ; ou des courbes induiraient des ouvrages d'art.
- Le long des constructions existantes (voies ferrées, cours d'eau, lisières de forêt ...)

Bien que l'emploi **des courbes** à grands rayons ($> 1.5 R_{nd}$) est préférable aux alignements droits dans la conception moderne des routes afin d'améliorer le confort et la visibilité et de mieux inscrire le projet dans l'environnement « esthétique » ; quand il y a lieu d'en faire usage, des valeurs limites sont à respecter en fonction de la vitesse de base.

$$\begin{cases} L_{\min} = 5 \times \frac{V_b}{3.6} \\ L_{\max} = 60 \times \frac{V_b}{3.6} \end{cases}$$

Avec une vitesse de base $V=120$ km/h

Où : L_{\max} correspond à la distance (en m) parcourue en un temps $t=5s$

L_{\min} correspond à la distance (en m) parcourue en un temps $t=60s$

V_b	L_{min}	L_{max}
120 Km/h	166.67 m	2000 m

Tableau III- 2:longueurs limites des alignements droites

2) Valeurs limites des rayons de courbures en plan « ICTAAL »

Catégorie	L1	L2
Rayon minimal (Rm)	600 m	400 m
Rayon min non déversé (Rnd)	1000 m	650 m

Tableau III- 3:Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

3) Courbe de raccordement en plan

L'enchaînement des alignements droits et d'arcs de cercle accuse aux points de tangence des discontinuités, ce qui se traduit par un basculement brusque du devers et de la direction du véhicule, ce qui n'est pas compatible avec les vitesses élevées de nos jours

La clothoïde est la forme la plus utilisée pour le raccordement, sa courbure K est proportionnelle à sa longueur curviligne L

On définit une clothoïde par son paramètre A ($A^2 = RL$) ou par son rayon R (au point de tangence) et sa longueur L .

4) Description du tracé

Le tronçon sujet de notre projet prend naissance au nord de la ville de BOUFHIMA (pk3+000), il franchit « oued BOUGHNI » et vire à droite avec un rayon de 662 m en direction Nord-ouest, il s'éloigne du nord et traverse des terres agricoles en alignement droit sur une linéarité de 687m ; plus loin au « PK4+700 », il intercepte un chemin communal où un échangeur trèfle complet a été projeté.

Au pk5+600, le tracé franchit deux cours d'eau avec de forts remblais ou des dalots sont projetés afin de rétablir les écoulements et atteindre le point 6+220 au niveau du barrage n°4 de DRAA EL MIZANE



Figure III- 4:tracé en plan

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé de l'axe principal du tronçon sont récapitulés dans le tableau suivant :

N°	Type	Longueur m	Rayon m	Direction	V _B Km /h
1	Ligne	170		N12°26'55''O	120
2	Courbe	1116.632	662.366		120
3	Ligne	580.511		N84°08'31''E	120
4.1	Clothoïde	107.448			120
4.2	Clothoïde	728.241	837.615		120
4.3	Clothoïde	107.448			120
5	Ligne	434.923		N26°58'40''E	120

Tableau III- 4:Caractéristiques des éléments du tracé en plan

VI- PROFIL EN LONG

1) Définition

Un profil en long est la représentation **graphique** d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire (route, voie ferrée, canalisation, etc.) sur lequel sont reportés tous les

points du terrain naturel et de l'axe du projet. Il indique la valeur des pentes et des rampes, ainsi que les rayons des sommets des côtes et des points bas.

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

Catégorie	L1	L2
Déclivité maximale	5 %	6 %
Rayon min en angle saillant	12500 m	6000m
Rayon min en angle rentrant	4200m	3000m

Tableau III- 5: Valeurs limites du profil en long (ICTAAL)

2) Description du tracé

Les caractéristiques des éléments constituant le profil en long du tronçon sont récapitulées dans le tableau suivant :

N°	Abscisse	Pente d'entrée	Pente De Sortie	Valeur De K	Longueur	Rayon	K Min
1	3+000		-4.27				
2	3+445	-4.27	-4.00	220.5	59.461	22050	63
3	3+770	-4.00	-3.08	1841.763	359.948	184176	63
4	4+580	-3.80	-2.04	125.000	220.755	12500	63
5	5+275	-2.04	1.27	211.584	699.995	21158.353	63
6	6+220	1.27					

Tableau III- 6: Caractéristiques géométriques du profil en long du projet

NB : Pour le profil en long voir les annexes

VII- TRACE DANS L'ESPACE (COORDINATION TP ; PL)

1) Définition

Le tracé dans l'espace est le projet à trois dimensions de la route, c'est-à-dire la combinaison et la coordination du tracé horizontal et du tracé vertical, étude complétée par la recherche du confort psychologique et du confort optique.

Le plan de situation et le profil en long sont les deux composantes du tracé réel dans l'espace, qui, lorsqu'il est exécuté devient un ouvrage à trois dimensions.

Antérieurement aux années 30, il était couramment admis d'élaborer le plan de situation indépendamment du profil en long et de laisser au hasard la réussite ou l'échec de la réalisation dans la nature.

Aujourd'hui l'étude du tracé dans l'espace représente le couronnement de l'œuvre de l'ingénieur-projeteur d'une route. Mais le mot « couronnement » ne doit pas laisser entendre qu'il s'agit d'un simple perfectionnisme de dernière heure.

Bien au contraire. Cette question doit être abordé très tôt, dès le stade de l'avant-projet. Sous forme de corrélation permanente entre le plan et l'élévation. S'en préoccuper trop tard par exemple seulement au stade du projet au **1:5000**, c'est exposer au risque de voir le tracé en plan déjà « cristallisé » l'intervention n'est alors plus possible que sur le profil en long ce qui conduit souvent à de plus forts terrassements, donc à un coût plus élevé.

Le tracé dans l'espace permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et, par exemple, permet de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés.

Tandis que les tracés en situation et en élévation sont essentiellement le résultat de considérations techniques (dynamique y compris), le tracé dans l'espace répond à de plus amples exigences d'ordre psychologique (bien être) et d'ordre optique (satisfaisant l'œil).

Le tracé dans l'espace est déterminant pour :

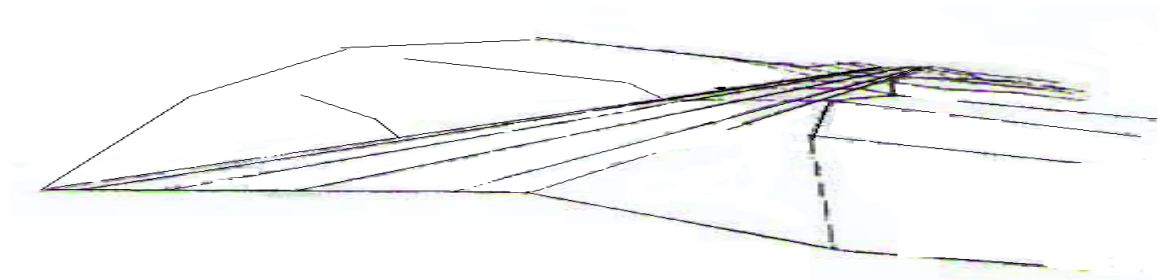
- Le comportement du conducteur
- Le confort des usagers
- La sécurité du trafic

Le problème du tracé dans l'espace il consiste à éviter et à corriger les défauts d'une mauvaise coordination plan-élévation. Défauts qui sont :

- Points d'inflexion artificiels des bords de la route au point bas d'une concavité
- Altération de sens de courbure au point haut d'un dos d'âne
- Pertes de tracés. Soit tracé invisible sur un certain tronçon

On peut affirmer qu'un projet largement conçu en plan et en élévation, respectant les conditions dynamiques et de visibilité, n'est en générale pas sujet aux défauts signalés ci-dessus lorsqu'on l'examine sous l'angle du tracé dans l'espace.

2) Exigences du tracé dans l'espace



Tenir compte de l'environnement de la route. Ne pas seulement projeter l'axe, la chaussée et les accessoires techniques, mais recherche une coordination harmonieuse entre la route proprement dite et ses environs immédiats (topographie tranchées talus etc.).

Par l'aménagement du profil en travers dans son ensemble, le conducteur doit pouvoir reconnaître la vitesse rationnelle qu'il peut pratiquer et maintenir.

Plus la vitesse est grande plus longue est le tronçon de route que le conducteur observe la route doit être bien visible et reconnaissable sur cette longue distance, sans disparition momentanée du tracé (perte de tracé).

Pour garantir la sécurité totale du trafic, le tracé dans l'espace ne doit pas seulement être conçu pour la circulation diurne par beau temps, mais bien plus encore pour celle de nuit, par pluie, neige ou brouillard. Il doit tenir compte d'obstacles et de constructions existantes. Il doit éventuellement être complété ou corrigé par une signalisation de guidage optique.

Ces exigences peuvent être remplies par les dispositions suivantes :

- Tracé largement conçu, excluant les éléments limites.
- Combinaison rationnelle des éléments du tracé en plan et du profil en long
- Etude soignée de la transition de la forme de la chaussée et du gauchissement.
- Choix optimum de l'altitude de la chaussée par rapport à la topographie.
- Contrôle d'ordre optique et esthétique et adaptation du tracé au paysage et aux constructions existantes.
- Aménagement judicieux des talus et des plantations.

a) Confort optique

Avec l'accroissement de la vitesse, on constate deux phénomènes visuels chez le conducteur :

Le champ visuel, c'est-à-dire l'espace qu'embrasse l'œil diminue. Le retard se concentre sur la chaussée, au détriment de la vue sur l'environnement (effet tunnel). Les défauts d'un tracé sont plus sensibles.

Le point d'accommodation ou de focalisation s'éloigne. Selon des mesures, la distance entre l'œil et ce point est d'environ **800m** pour **V =120 km /h**.

La chaussée devrait donc être bien visible sur toute la distance que peut observer le conducteur .ce n'est pas toujours le cas .il peut arriver qu'une partie du tracé échappe à la vue et que la route réapparaisse plus loin. Dans ce cas le conducteur cherche à deviner l'évolution du tracé. Lorsque la partie cachée lui apparaît enfin, il en est proche et pour inspecter ce tronçon, il doit rapprocher son point de focalisation. Le conducteur peut être surpris et de toute façon si cela se produit souvent la gymnastique d'adaptation que l'œil doit faire finit par fatiguer. A part cela, ce qui est grave, le conducteur peut être amené à prendre de fausses résolutions quand à l'évaluation du tracé sur les tronçons cachés.

b) Le confort psychologique

Le projet de route doit garantir si possible à l'usager les possibilités suivantes :

- Distinguer la chaussée et les obstacles éventuels à une distance assez grande pour permettre la manœuvre et l'arrêt (conditions classiques de visibilité)
- Distinguer clairement les dispositions des endroits singuliers (bifurcations, jonction, carrefours, échangeurs, etc.)
- Prévoir de loin l'évolution du tracé.

- Apprécier l'adaptation de la route au terrain sans que le conducteur soit abusé par des trompe-œil ou gêné par des coudes, cassures, discontinuité

Les défauts que peut présenter un tracé sont observés par le conducteur avec d'autant d'acuité que la vitesse de son véhicule est grande. Ce sont autant d'impressions visuelles désagréments pouvant à la longue influencer son comportement, ses réactions.

Pour éviter ces phénomènes suscités, **PICTAAL** préconise les dispositions suivantes :

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

Chapitre IV

ETUDE GEOTECHNIQUE

I- INTRODUCTION

Dans le cadre de cette étude, la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou a confié cette tâche au bureau d'étude SAETI ; les données collectées lors des reconnaissances géotechniques sont récapitulées dans le **Tableau IV-1**.

Abscisse		PK 0+660	PK 3+530	PK 5+080
Teneur en eau (%)	–	11.3	17.0	21.3
Analyse granulométrique	% des passants <50 mm	95.0	93	100
	% des passants <2 mm	69.0	63	99
	% des passants < 80 μ	56.0	44.7	95.40
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité w_L (%)	43.7	50.0	72.80
	Limite de plasticité I_p (%)	22.1	22.0	42.30
	Indice de consistance I_c	1.46	1.5	1.21
VBS	–	1.3	2.1	3.3
Proctor modifié	ω (%)	10.60	14.2	12.70
	γ_d (t/m ³)	1.95	1.83	1.72
Portance CBR	$\gamma_{d\text{ opt}}$ (t/m ³)	1.85	1.74	1.63
	CBR imbibé	2	2	2

Tableau IV- 1:Caractéristiques du sol traversé

L'étude géotechnique s'appliquant au domaine des travaux routiers vient généralement pour répondre à un certain nombre de préoccupations telle que :

- Possibilité de réemploi (opérations de déblai-remblai), caractéristiques intrinsèques et état des matériaux
- Sensibilité aux conditions météorologiques
- Possibilité d'effectuer des emprunts au voisinage des zones de remblai
- Hauteur des remblais
- Stabilité des talus

A fin de répondre à ces préoccupations, la reconnaissance du sol traversé s'appuie sur trois (03) catégories d'essais choisis en fonction de la classe de matériau et qui fournissent un descriptif qualitatif du site :

- Essais d'identification ou de nature
- Essais d'état
- Essais de comportement mécanique

II- PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

L'investigation géotechnique menée dans le cadre de cette étude, a consisté en la réalisation des essais suivants :

➤ **Essais in Situ :**

- Puits de reconnaissances de 2.5 m à 3 m profondeur.
- Sondages carottés (atteindre le substratum) équipés de piézomètres pour mesurer le
- Essais au pressiomètre de Ménard (atteindre le bon sol).

➤ **Essais Au laboratoire :**

• **Essais physico-chimiques**

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

III- CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE GTR « NORME NF P 11 300 »

1) Paramètres de nature

Ce sont des paramètres propres à chaque type de sol, ils sont généralement constants :

- La granularité
- L'indice de plasticité
- La valeur au bleu de méthylène « sur la fraction 0 /50mm »

a) La granularité

D_{max} : Diamètre maximal des plus gros éléments contenus dans le sol

Seuil retenu :

- ✓ **50mm** : C'est la valeur proposée pour distinguer les sols fins, sableux et graveleux (Classes A, B, D1 et D2), des sols blocailleux (classes C et D3) ;

- **Tamisât de 80 µm** : limite distinguant les sols riches en fines

Seuil retenu :

- ✓ **12%** seuil des sols sableux et graveleux pauvre en fines
- ✓ « **12% à 35%** » palier des sols moyennement riches en fines

Au delà de **35%** le sol a un comportement assimilable à celui de sa fraction fine

- **Tamisât de 2 mm** : Paramètre distinguant les sols à tendance sableuse de ceux à tendance graveleuse

Seuil retenu :

- **- 70 %** : au-delà de 70 % on définit les sols à tendance sableuse et en-deçà les sols à tendance graveleuse.

b) Indice de plasticité :***Seuil retenu :***

- ✓ **12** : limite supérieur des sols faiblement argileux
- ✓ **25** : limite des supérieur sols moyennement argileux
- ✓ **40** : limite entre les sols argileux et très argileux

c) La valeur au bleu de méthylène « Valeur au Bleu du Sol VBS »

C'est un autre paramètre caractérisant l'argilosité ou la propreté du sol, il est déterminé sur la fraction de 0 /2 mm puis rapporté a la fraction 0/50 mm a l'aide d'une règle de proportionnalité.

- ✓ **0.1** : limite supérieur des sols considérés insensible à l'eau ; ce paramètre doit être complété par la vérification du tamisât de 80µm qui doit être < 12%
- ✓ **0.2** : seuil au-dessus duquel apparaît à coup sûr la sensibilité à l'eau
- ✓ **1.5** : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux
- ✓ **2.5** : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.

- ✓ 6 : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
- ✓ 8 : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux

2) Paramètres d'état

Il s'agit des paramètres qui ne sont propre au sol, mais ils dépendent de l'environnement. Pour les sols meubles, le seul paramètre d'état considéré est celui d'état hydrique.

Les différents états hydriques sont :

- **Etat très humide « th »**
- **Etat humide « h »**
- **Etat d'humidité moyenne « m »**
- **Etat sec « s »**
- **Etat très sec « ts »**

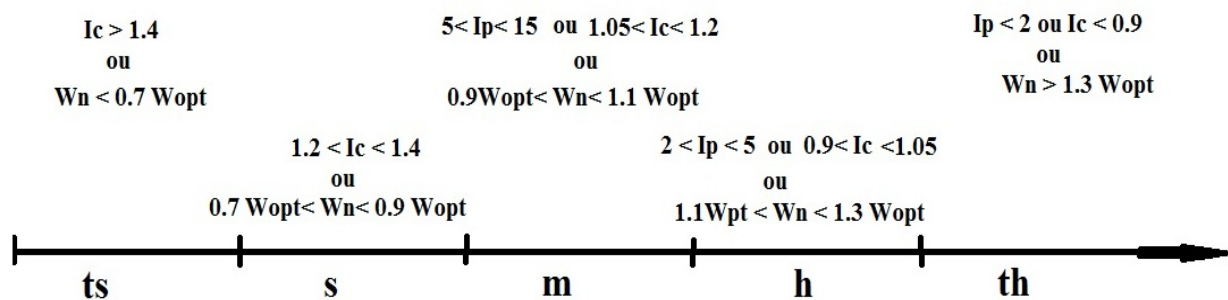


Figure IV- 1: Etats hydriques

De cette classification, excepter les sols grossiers et les sols organiques, quatre « 4 » classes principales en découlent :

- ✓ **A** : sol fin
- ✓ **B** : sol sableux et graveleux avec des fines
- ✓ **C** : sol comportement des fines et de gros éléments
- ✓ **D** : sol insensible à l'eau

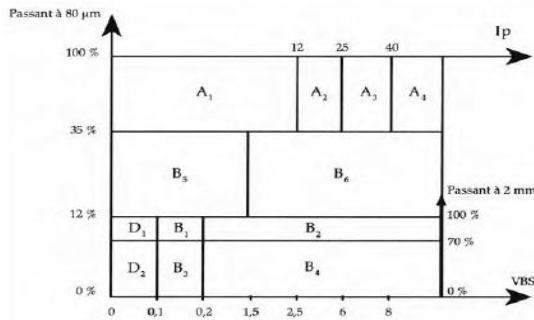


Figure IV- 2:Classes de sol

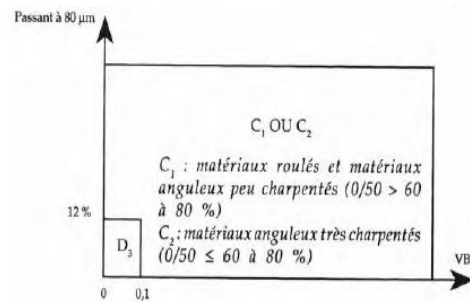


Figure IV- 3 : Sous classes de « C »

IV- **EXEMPLE DE CLASSIFICATION «PK 3+ 530 »**

1) **Granularité (1er niveau)**

- ✓ % des passants < 50 mm 93%
 - ✓ % des passants < 2mm 63%
 - ✓ % des passants < 80 µm 44.7
- } sol fin + de gros éléments >50 mm
⇒ Classe C

La sous-classe C2 : Comprend les matériaux à éléments anguleux possédant une faible fraction 0/50 mm (≤ 60 à 80 % estimée visuellement en général) pour lesquels il n'est plus admissible d'assimiler leur comportement à celui de leur fraction 0/50 mm.

2) **Indice de plasticité (2ème niveau)**

Indice de plasticité = 22 « 12 < 22 < 25 » ⇒ sous classe **A₂** (voire le schéma ci-dessus)

3) **Etat hydrique (3eme niveau)**

Indice de consistance = 1.5 « 1.5 > 1.4 » ⇒ **ts**

« **La classe finale de notre échantillon est C₂A₂ts** »

Selon la classe du matériau, le tableau suivant récapitule les codes des conditions d'utilisation

V- CONDITIONS DE REUTILISATION DU SOL EN REMBLAIS

Le **tableau IV-2** attribue des codes servants de référence pour trancher sur la possibilité et les conditions de réutilisation du sol en remblai,

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E Extraction	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Extraction en couches (0,1 à 0,3m)
	2	Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
G Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination des éléments > 800mm
	2	Elimination des éléments > 250 mm pour traitement
W Action sur la teneur en eau	3	Fragmentation complémentaire après extraction
	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Réduction de la teneur en eau par aération
	2	Essorage par mise en dépôt provisoire
T Traitement	3	Arrosage pour maintien de l'état
	4	Humidification pour changer d'état
	0	Pas de condition particulière à recommander
R Régilage	1	Traitement avec un réactif ou un additif adaptés
	2	Traitement à la chaux seule
	0	Pas de condition particulière à recommander
C Compactage	1	Couches minces (20 à 30 cm)
	2	Couches moyennes (30 à 50 cm)
	3	Compactage intense
H Hauteur des remblais	1	Compactage moyen
	2	Compactage faible
	0	Pas de condition particulière à recommander
H Hauteur des remblais	1	Remblai de hauteur faible (\leq 5m)
	2	Remblai de hauteur moyenne (\leq 10m)

Tableau IV- 2:Codes des conditions de réutilisation des sols en remblai

1) Récapitulatif des résultats

Abscisse		PK 0+660	PK 3+530	PK 5+080
Teneur en eau (%)	-	11.3	17.0	21.3
Analyse granulométrique	% des passants <50 mm	95.0	93	100
	% des passants <2 mm	69.0	63	99
	% des passants < 80 μ	56.0	44.7	95.40
Interprétation	-	Gros élément+ fines	Gros élément+ fines	Que des éléments fins
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité w_L (%)	43.7	50.0	72.80
	Limite de plasticité I_p (%)	22.1	22.0	42.30
	Indice de consistance I_c	1.46	1.5	1.21
Interprétation				
VBS	-	1.3	2.1	3.3
Interprétation		Sol limoneux	Sol limoneux	Sol limoneux argileux
Proctor modifié	ω (%)	10.60	14.2	12.70
	γ_d (t/m ³)	1.95	1.83	1.72
Portance CBR	$\gamma_{d\text{opt}}$ (t/m ³)	1.85	1.74	1.63
	CBR imbibé	2	2	2
	Classe de portance	S4	S4	S4
Classification des sols	classe	C	C	A
	Sous classe	C₂A₂ts	C₂A₂ts	A₄
réutilisabilité	-	NON	NON	NON

Tableau IV- 3: Récapitulation des données et résultats

2) Conditions de réutilisation du sol du site

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code								
					E	G	W	T	R	C	H		
C ₂ A ₃ s C ₂ A ₃ s C ₂ B ₃ s	La faible teneur en eau de ces sols et leur fort pourcentage de gros éléments anguleux nécessitent d'avoir recours à un compactage intense si l'on veut les réutiliser dans l'état. L'humidification dans la masse pour changer l'état de ces sols est toujours une opération délicate : présence des blocs empêchant le malaxage intense du sol avec l'eau, argilosité importante imposant des délais d'imbibition longs (quelques heures à quelques jours) grandes quantités d'eau nécessaires	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON								
		+	pluie faible	E : extraction en couches C : compactage intense	1	0	0	0	1	1	0		
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2		
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage intense	0	0	4	0	2	1	0		
		-	évaporation importante	Solution 1 : maintien de l'état W : arrosage pour maintien de l'état R : couches moyennes C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	3	0	2	1	2		
			Solution 2 : humidification W : humidification pour changer l'état R : couches moyennes C : compactage intense	0	0	4	0	2	1	0			
C ₂ A ₃ ts C ₂ A ₃ ts C ₂ B ₃ ts	Sols normalement inutilisables en l'état L'humidification pour changer l'état de ces sols est en général trop difficile pour rester acceptable économiquement				NON								
C ₂ B ₃ C ₂ B ₃	Le faible pourcentage de la fraction granulométrique inférieure à 80µmm présente dans ces sols les rend insensibles aux variations de situation météorologique	++ + = -	toutes situations météorologiques	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	2	0		

Tableau IV- 4: Condition d'utilisation des sols en remblai « GTR SETRA-LCPC »

VI- APERÇU SISMIQUE

Le paramètre sismique est un facteur déterminant dans le calcul des structures à long terme, de ce fait, la sismicité de la zone du projet doit être déterminée en se référant aux règles parasismiques algériennes RPA 99/version 2003.

Le projet de la pénétrante doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

- **Groupe 1A** : Ouvrages d'importance vitale.
- **Groupe 1B** : Ouvrages de grande importance.
- **Groupe 2** : Ouvrages courants ou d'importance moyenne.
- **Groupe 3** : Ouvrages de faible importance.

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

Tableau IV- 5:Coefficients des zones sismiques « RPA 99 »

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Tizi-Ouzou à la **Zone IIa**, le coefficient d'accélération à prendre en compte est **A = 0.25**, avec :

- $k_h = 0.5 A (\%g) = \text{forces horizontales.}$
- $k_v = \pm 0,3 k_h = \text{forces verticales.}$

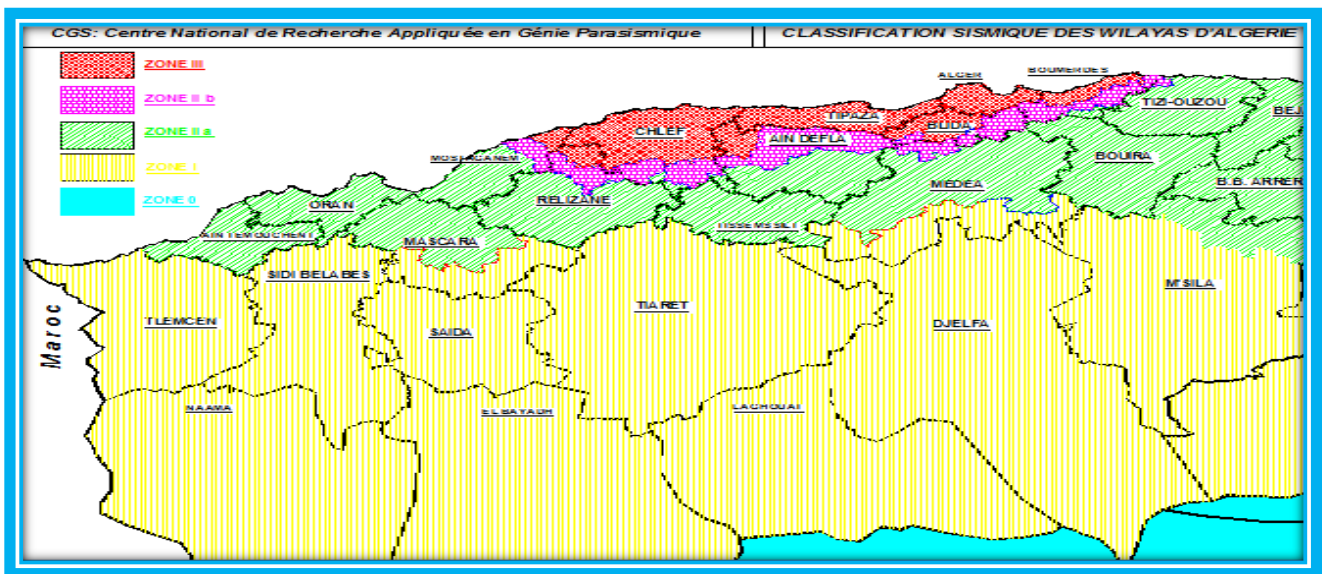


Figure IV- 4: Zones sismiques en Algérie

VII- CONCLUSION

En se référant au fascicule I et II du GTR SETRA-LCPC, l'échantillon de sol examiné dans l'état d'extraction est jugé non réutilisable en remblai ou en couche de forme, à moins qu'une amélioration de son état hydrique soit envisagée à fin de le ramener en « s » ou « m » sauf que cela induirai des surcouts difficile pour rester acceptable économiquement.

Chapitre V

*DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE*

I- INTRODUCTION:

Les chaussées routières et ferroviaires sont des structures composites, multicouches plus au moins complexe conçus pour résister sur l'ensemble de leurs durée de vie aux multiples sollicitations mécaniques (passage de charges lourds) et climatiques (températures, pluies, gel rayons UV)

L'objectif des méthodes de dimensionnement du corps de chaussées est de fixer les règles qualitatives et quantitatives permettant à l'ingénieur de choisir et de concevoir le profil vertical des structures de chaussées, compte tenu des données des projets.

Une chaussée peut être définie comme une structure plane, conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assurer une fonction pour une période de service minimale fixée au stade de l'élaboration du projet.

II- TYPES DE CHAUSSEE:

- ✓ Chaussée rigide
- ✓ Chaussée semi-rigide
- ✓ Chaussée souple

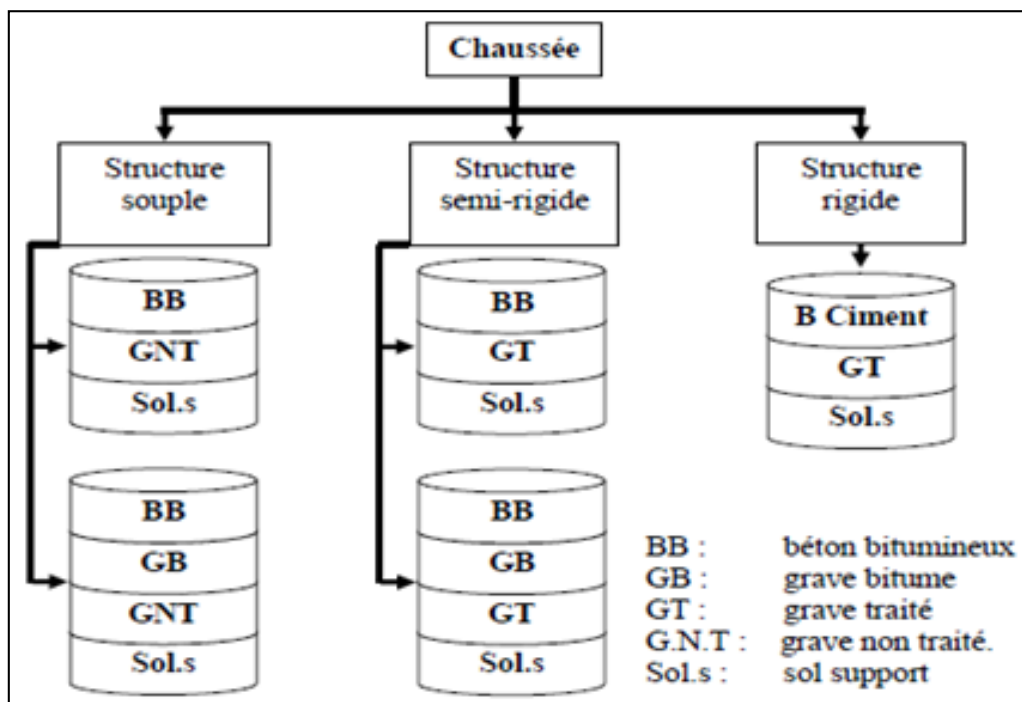


Figure V- 1:schéma récapitulatif de différents constituants de la chaussée

➤ **Chaussée rigide :**

Elle est constituée d'une dalle de béton armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Utilisée pour des constructions à grandes sollicitations de charges (Cas d'une piste d'aérodrome ou station de service).

➤ **Chaussée semi-rigide :**

Représente une faible déformabilité, comporte une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier....)

➤ **Chaussée souple :**

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

a) Couche de roulement (surface) :

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit).

La couche de liaison a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

b) Couche de base :

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

c) Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d) Couche de forme :

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme.

- Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface ;
- Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol support à long terme, par la couche de forme.

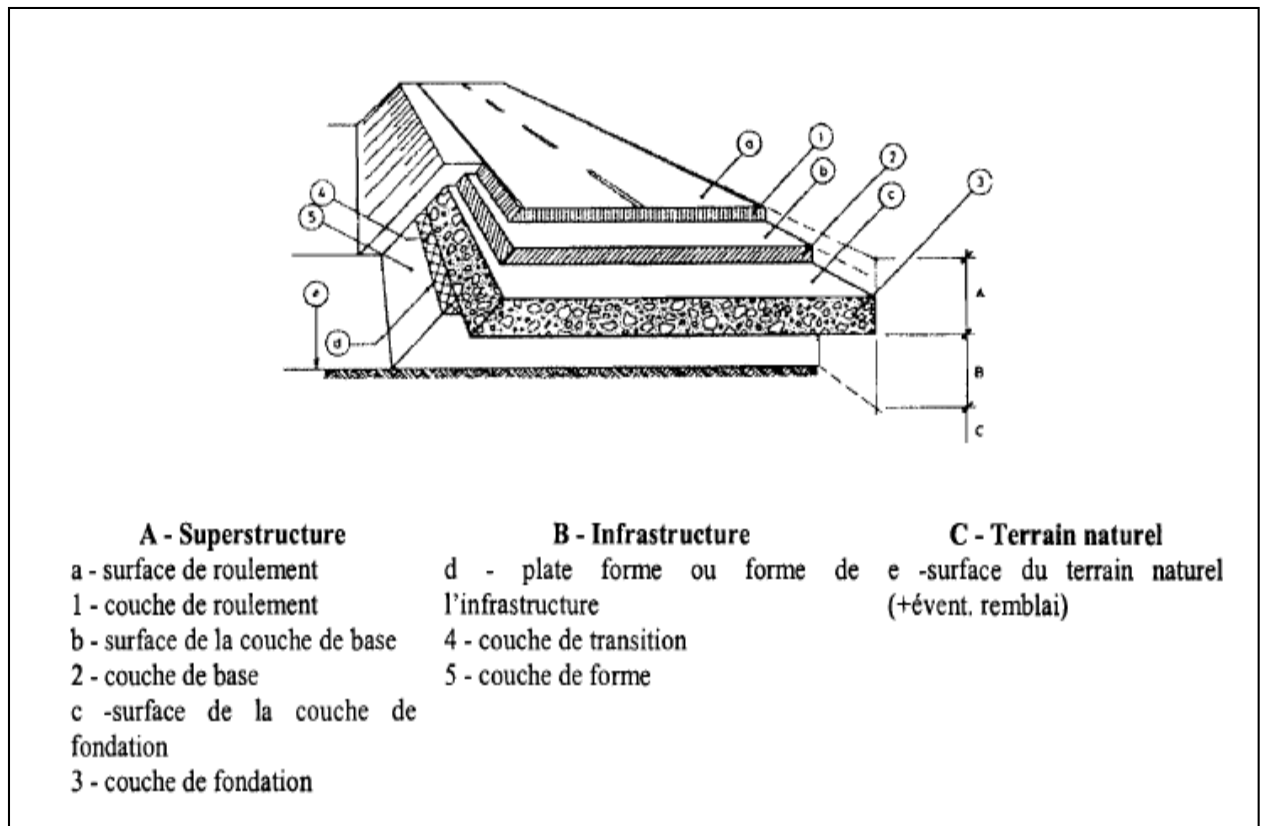


Figure V- 2:nomenclature d'une chaussée

III- LES PARAMETRES PRIS EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES:

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- ✓ Le trafic.
- ✓ La qualité de la plate-forme support de la chaussée.
- ✓ Les caractéristiques des matériaux disponibles.
- ✓ Les conditions climatiques.

IV- LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT:

Divers méthodes de dimensionnement du corps de chaussée existent.

A titre exemple, en Algérie on peut citer deux méthodes ont comme point commun leurs prises en considération le trafic circulant sur la voie à construire et du sol utilisé :

1. Méthode California – Bearing – Ratio (CBR):

Connue en 1938 est basée sur 2 abaques complémentaires qui donnent en fonction du CBR de la plate forme, l'épaisseur totale de la chaussée .cette épaisseur est donnée par la formule de Peltier (1953,1956).

$$e = \frac{100 + 150P}{CBR + 5}$$

Avec les résultats des recherches, cette formule a été améliorée en 1956 pour donner :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P(75 + 50 \cdot \log_{10} \frac{N}{10})}}{CBR + 5}$$

Ou :

N : Nombre moyen de poids lourds de plus de 3.5t.

P : est la charge.

L'épaisseur équivalente est donnée par : $e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Avec :

a_i : coefficients d'équivalences.

e_i : épaisseurs réelles des couches.

Matériaux utilisé	Coefficients d'équivalences
Béton bitumineux – Enrobé dense	2.00
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave ciment-Grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou Gravier	1.00
Grave roulée-Grave sableuse -T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau V- 1:Les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés

2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées :

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

-Approche théorique.

-Approche empirique.

La démarche du catalogue est la suivante :

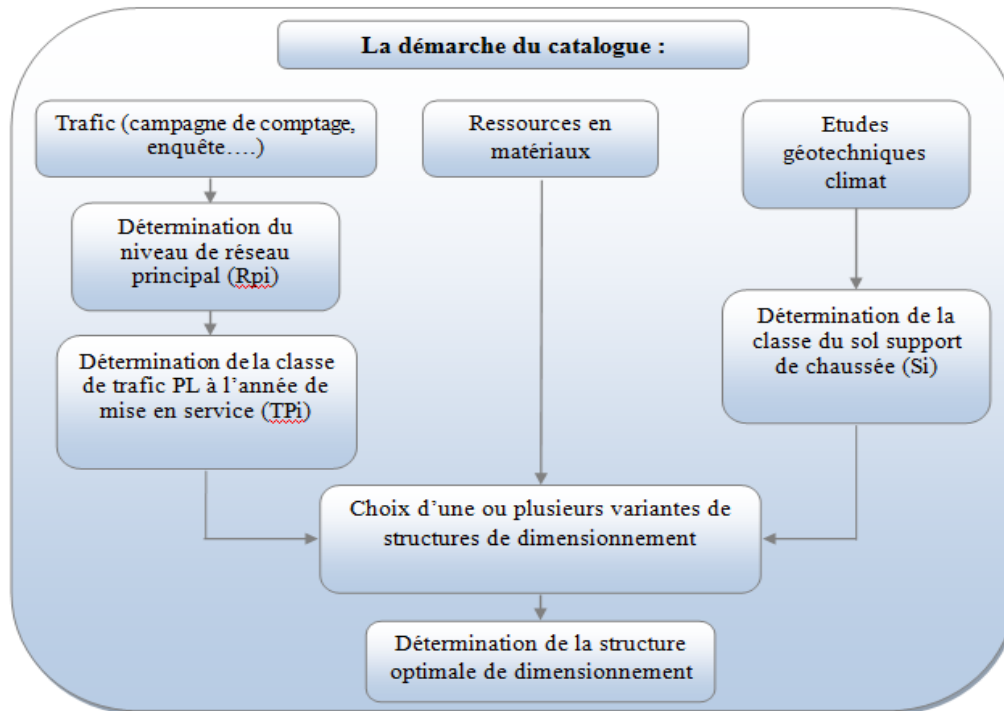


Figure V- 3:Les étapes à suivre pour la méthode de catalogue

V- APPLICATION AU PROJET:

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (CBR et CTTTP).

1) Amélioration de la portance du sol support :

On a $I_{CBR}=2$ ce sol appartient à S_4 .

Avant le dimensionnement il faut faire le sur classement de notre sol afin d'améliorer sa portance.

Classe de portance de Sol terrassé (s _i)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (s _j)
<S ₄	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S ₃
S ₄	≠	35 cm	S ₃
S ₄	≠	60 cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	≠	40 cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	≠	70 cm (en 2 couches)	S ₁

Tableau V- 2:sur classement avec couche de forme en matériau non traité

On suppose la nouvelle valeur de portance I_{CBR}=11 (10-25)

2) Méthode CBR :

- Le trafic à l’horizon TJMA2037 = 21 605 V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds PL = 35 %
- Taux d’accroissement annuel τ = 4 %
- La charge par roue (essieu) P = 6.5t
- Indice de CBR I_{CBR}=11
- Log : logarithme décimal

$$TJMA2037 = 21\ 605 \ v/j$$

$$N = (0.35 \times 21\ 605) / 2 \ p/l/j/s$$

$$N = 3780.875 \ p/j/s$$

Avec:

N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t.

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5(75 + 50 \log \frac{3780.875}{10})}}{11 + 5} = 38,74cm$$

On prend :

$$e_{tot} = 40\text{cm}$$

La chaussée est constituée de couches de qualités différentes :

- Couche de roulement (BB) : $a_1=2.00$ $e_1=(5-8\text{cm})$
- Couche de base (GB) : $a_2=1.70$ $e_2=(10-25\text{cm})$
- Couche de fondation (GC) : $a_3=0.75$ $e_3=(15-35\text{cm})$

$$E_{eq} = \sum e_i (\text{réel}) \times a_i$$

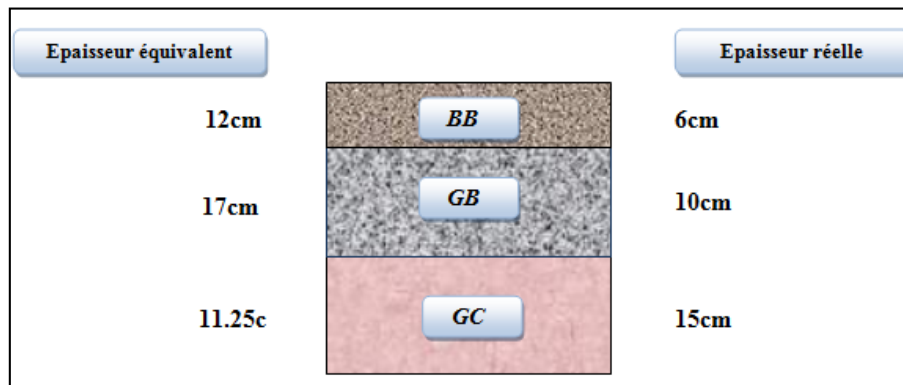
On fixe : $\begin{cases} e_1 = 6 \text{ cm} \\ e_2 = 10 \text{ cm} \end{cases}$

On calcul : e_3

Les résultats sont donnés par le tableau suivant :

Couches de	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Roulement BB	6	6x2
Base GB	10	10x1.7
Fondation GC	15	15x0.75
Total	31	40.25

Tableau V- 3: Récapitulatif des résultats « CBR »



Conclusion :

En fin de compte, nous adoptons une épaisseur réelle de $e = 40.25$ cm, avec :

- ✓ Une couche de roulement (BB) de 6 cm ;
- ✓ Une couche de base (GC) de 10 cm ;
- ✓ Une couche de fondation (TVO) de 15 cm.
- ✓ Avec une couche de forme (TUF) de 60cm.

3) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

- Classement de la route dans les réseaux principaux :

RP	Trafic(veh/j)
RP 1	>1500
RP 2	<1500

Tableau V- 4:Classes des réseaux principaux

Pour notre projet , il est classé dans le réseau principal RP1

TJMA₂₀₁₇=9 860 veh/j (l'année de la mise en service)

- Détermination de la classe du trafic :

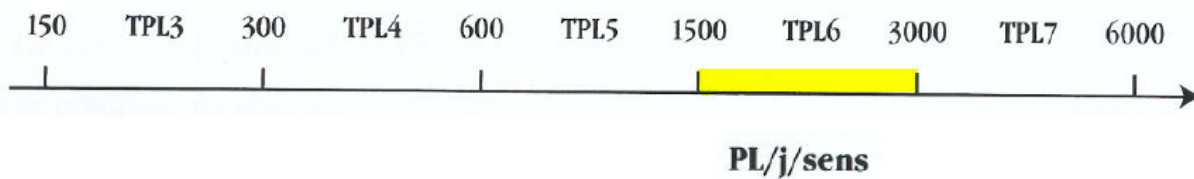
$$N=9\ 860\ \text{veh/j.}$$

$$N_{pl}=9\ 860 \times 0.35= 3\ 451\text{pl/j}$$

On adopte une valeur de 80% du trafic PL sur la voie lente de droite (fascicule-1)

$$TPL_i=3\ 451 \times 0.80= 2\ 761\text{PL/J}$$

$$TPL_i=2\ 761\ \text{PL/J}$$



D'après les résultats trouvés on constate que notre trafic est classé en TPL₆.

- Le sol support :

- ❖ Classe de portance du sol support :

$$E=5 \times \text{CBR}$$

Avec $\text{CBR} < 5 \implies E < 5 \times 5 = 25\text{Mpa.}$

Classes	S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module E(Mpa)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau V- 5:classes portance du sol-support

D'après le tableau la classe du sol support est S₄

❖ **Sur classement du sol support de chaussée :**

D’après l’étude précédente on a un sol de faible portance (S₄ en RP1) ; donc on a le recours à une couche de forme devient nécessaire.

Classe de portance De sol terrassé(S _i)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée
< S ₄	Matériaux non traités(*)	50cm (en 2 couches)	S ₃
S ₄	≠	35cm	S ₃
S ₄	≠	60cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	≠	40cm (en 2 couches)	S ₂
S ₃	≠	70cm (en 2 couches)	S ₁

Le passage de S₄ à S₂ nécessite la mise en place d’une **couche de forme de 60cm en TUF (en 2 couches)**.

➤ **Matériaux :**

On utilise les matériaux traités en au Bitume(MTB)

➤ **Données climatiques :**

La région de tizi ouzou est située au nord du pays , très humide et d’une pluviométrie supérieure à 600mm/an ⇒ **Zone climatique I.**

Zone climatique	Pluviométrie(mm/an)	Climat	Région
I	>600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts-plateaux
IV	<100	Aride	Sud

Tableau V- 6:Zones climatiques de pluviométrie

➤ **Durée de vie :**

D'après le tableau-4 du fascicule 2 on a :

Niveau de réseau principal(RP)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie(année)
RP1	MTB(Matériaux traités au Bitume)	GB/GB ;GB/GNT ;GB/TUF GB/SG	20

➤ **Risque de calcul :**

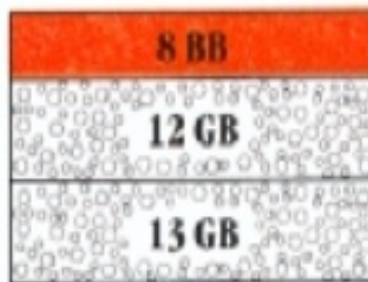
Les risques de calcul($r\%$) adoptés dans le dimensionnement des structures qui sont fonction du trafic et du niveau de réseau principal est données par le tableau 5 et 6 du catalogue(fascicule-2). $r\%=5\%$

D'après le données précédentes on trouve la structure suivante :

- **Couche de roulement BB =8cm.**
- **Couche de base GB =12cm.**
- **Couche de fondation GB =13cm.**
- **Couche de fomme TUF=60cm.**

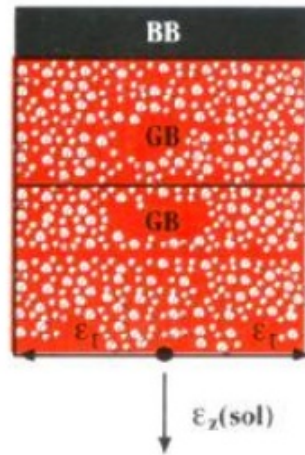
NB :

Tenant compte de l'aspect pratique et les résultats précis, la structure retenue est celle de la méthode du catalogue .



VI- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier les déformations ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'ALIZE III sont inférieures aux valeurs admissibles calculées ($\epsilon_{t,adm}$, $\epsilon_{z,adm}$).



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

1) Calcul des déformations admissibles du sol-support :

Données par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées algériennes :

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

➤ **Trafic:**

Trafic cumulé de PL (TC_i) :

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

Avec :

$$\zeta = 4\%$$

$$n = 20$$

$$TPL_i = 2\,761 \text{ PL/J}$$

AN:

$$TC_i = 30.01 \times 10^6 \text{ PL/J/S}$$

Trafic cumulé équivalent (TCE_i): Le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement :

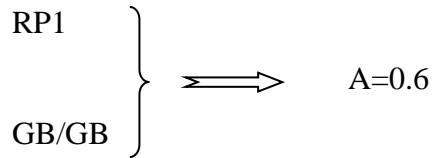
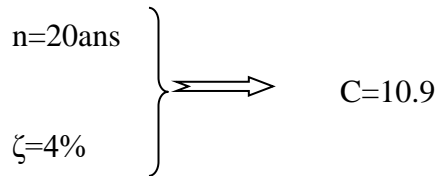
$$TCE_i = TC_i \times A = TPL_i \times C \times A \times 10^{-3}$$

Où :

A : coefficient d'agressivité des poids lourds par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes

$$C = 365 \times \frac{(1+\zeta)^n}{\zeta} \times 10^{-3} \quad (\text{Facteur de cumul})$$

D'après le tableau 10 et 11 du catalogue on a :



Donc :

$$TCE_i = 30.01 \times 10^6 \times 0.6$$

$$TCE_i = 18 \times 10^6 \text{ PL/J/S}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235} = 22 \times 10^{-3} \times (18 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 433.912 \times 10^{-6}$$

2) Calcul des sollicitations admissibles :

a) Température équivalente :

Soit égale au dommage que subirait la chaussée soumis au meme trafic mais pour une température constante θ_{eq} .

	Zone Climatique		
Température équivalente θ_{eq} (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Tableau V- 7: choix des températures équivalentes

Dans notre cas $\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$

b) Matériaux :

- Performances mécaniques : relatives aux différents types de matériaux

Dans notre projet on a : Matériaux traités en bitume(MTB)

Matériau (MTB)	E(30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°,10Hz) (Mpa)	E(20°C,10Hz) (Mpa)	E(10°C,10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ\text{C},25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	S _h (cm)	v	K _c Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Tableau V- 8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

c) Calcul des sollicitations admissibles

Le calcul de la déformation admissible de traction ($\epsilon_{t,adm}$) à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

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

Où :

$\epsilon_6(10^\circ, 25 \text{ Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).

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

K_θ : facteur lié à la température.

K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.

K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

Avec :

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

D'où :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} \cdot 10^{-tb\delta} \cdot K_c$$

Avec :

TCE_i : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13t sur la durée de considérée.

b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).

$E(10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .

$E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente.

$\delta = f(\text{dispersion})$

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

S_N : dispersion sur la loi de fatigue.

S_h : dispersion sur les épaisseurs (en cm).

C : coefficient égal à 0,02.

t : fractile de la loi normale qui est fonction du risque donné par le tableau suivant :

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

Tableau V- 9: Valeurs de t=f(r%)

Avec r%=5% \Rightarrow **t=-1,645**

AN :

$$-1/b=6,84 \Rightarrow b = \frac{-1}{6,84} = -0,1462$$

$$TCE_i=18 \times 10^6$$

$$K_{ne}=0,6553$$

$$K_{\theta}=1,3363$$

$$\delta=0,6090$$

$$K_r=0,71373$$

$$K_c=1,3$$

$$\epsilon_6(10^\circ, 25 \text{ Hz})=100 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \epsilon_{t,adm}=81.25 \times 10^{-6}$$

3) Calcul par le logiciel alize

Le logiciel ALIZE développé par le LCPC, met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement des structures de chaussées, élaborée par le LCPC et le SETRA.

Il intègre ainsi un outil de calcul des valeurs admissibles (contraintes ou déformations) en fonction du contexte de trafic et de matériaux.

ALIZE permet de dimensionner tout type de structure de chaussées (souples, rigides, bétons...).

Le calcul est donné par la figure ci-dessous :

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0 collé	0,350	0,000	30,3	0,264	35,7	0,660
			0,080	12,0	0,229	74,1	0,573
0,120	7000,0 collé	0,350	0,200	12,0	0,367	35,8	0,573
			0,200	-13,5	-0,024	31,3	0,216
0,130	7000,0 collé	0,350	0,200	-13,5	-0,024	31,3	0,216
			0,330	-53,1	-0,493	50,9	0,047
0,300	500,0 collé	0,350	0,330	-53,1	-0,012	104,9	0,047
			0,630	-46,8	-0,028	66,2	0,014
0,300	500,0 collé	0,350	0,630	-46,8	-0,028	66,2	0,014
			0,930	-76,9	-0,057	84,1	0,002
infini	10,0	0,350	0,930	-76,9	0,000	223,8	0,002

Tableau V- 10: Résultats de du calcul ALIZE

Tableau récapitulatif :

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par ALIZE III
$\epsilon_{t,adm}=81.25 \times 10^{-6}$	$\epsilon_t=53.10 \times 10^{-6}$
$\epsilon_{z,adm}=433.912 \times 10^{-6}$	$\epsilon_z=223.800 \times 10^{-6}$

Tableau V- 11: Déformations

D'après le tableau ci-dessus on constate que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \\ \epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \end{array} \right. \implies \text{Vérfié}$$

VII- CONCLUSION

L'utilisation du logiciel ALIZE III a démontré que la structure dimensionnée précédemment est vérifiée.

I- SIGNALISATION

1) INTRODUCTION

En connaissant la forme des divers panneaux de signalisation, un conducteur peut évaluer d'avance leur message. La normalisation des couleurs et des symboles des panneaux aide aussi le conducteur à reconnaître leur signification.

Les panneaux ne sont peut-être pas exactement comme ils sont indiqués dans ce chapitre et celle-ci ne donne qu'un échantillon représentatif.

2) REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

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

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

3) DEFINITION ET LES OBJECTIFS DE PANNEAUX DE SIGNALISATION ROUTIERE

Les panneaux de signalisation indiquent un règlement de circulation en vigueur à un moment et endroit précis. Ils indiquent ce qu'il faut faire et ne pas faire. Les types de panneaux appartenant à cette catégorie incluent : la priorité pour les conducteurs, des panneaux de contrôle qui permettent ou interdisent l'utilisation d'une route donnée, la régulation de la vitesse, les virages, la direction de la circulation, les dépassements, l'utilisation des voies de circulation, le stationnement et les passages pour piétons.

4) CATEGORIES DE SIGNALISATION

On distingue :

- ✓ La signalisation par panneaux
- ✓ La signalisation par feux
- ✓ La signalisation par marquage sur la chaussée

- ✓ La signalisation par balisage
- ✓ La signalisation par bornage

5) TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ La signalisation routière verticale ; qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.
- ✓ La signalisation routière horizontale désignée par des marquages au sol.

a. Signalisation verticale :

- ✓ Signaux de danger: panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle signalé (signalisation avancé).
- ✓ L'interdiction : sont de forme circulaire et comportent un anneau rouge.
- ✓ L'obligation : sont de forme circulaire et comportent un anneau bleu.
- ✓ La fin de prescription
- ✓ signaux d'indication et de localisation : sont en général de forme rectangulaire, parfois terminée en pointe de flèche pour signaler une direction.
- ✓ signaux d'intersection : sont toujours implantés au niveau d'intersection.

b. Signalisation horizontale

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

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

1. Marquages longitudinaux

- **Lignes continues**

Ce sont des lignes longitudinales sans interruption, il est interdit de les franchir ou de les chevaucher. Elles servent à délimiter l'espace de chaque voie, les limites externes de la chaussée lorsqu'il est interdit de s'arrêter.

- **Lignes discontinues**

Elles sont destinées à orienter et à faciliter la libre circulation, elles sont franchissables et se différencient par leur module qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle. Citons quelques exemples de lignes discontinues :

-ligne axiale : pour délimiter les voies.

-ligne de rive : pour délimiter les voies de d'accélération et de décélération.

-ligne d'avertissement : associée à des flèches de rabattement pour annoncer une ligne continue. Les traits ont une longueur de 1m pour les intervalles de 2,25m, sur environ 100m.

2. Marquages transversaux

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

3. Autres marquages

-**les flèches**: elles sont utilisées pour fournir au conducteur des renseignements sur les directions à prendre.

-**les flèches de rabattement** : elles sont légèrement incurvées vers la voie que les usagers doivent emprunter.

-**les flèches de sélection**, à l'approche d'une intersection, signalent aux usagers la direction à prendre.

4. Caractéristiques générales des marquages

- ✓ Le marquage horizontal est appliqué sur la chaussée avec la peinture.
- ✓ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages définitifs et le jaune pour les marquages provisoires.
- ✓ La largeur U des lignes est définie en fonction de la catégorie de la route :

U= 7,5cm sur les autoroutes et les voies rapides ;

U= 6cm sur les routes et les voies urbaines ;

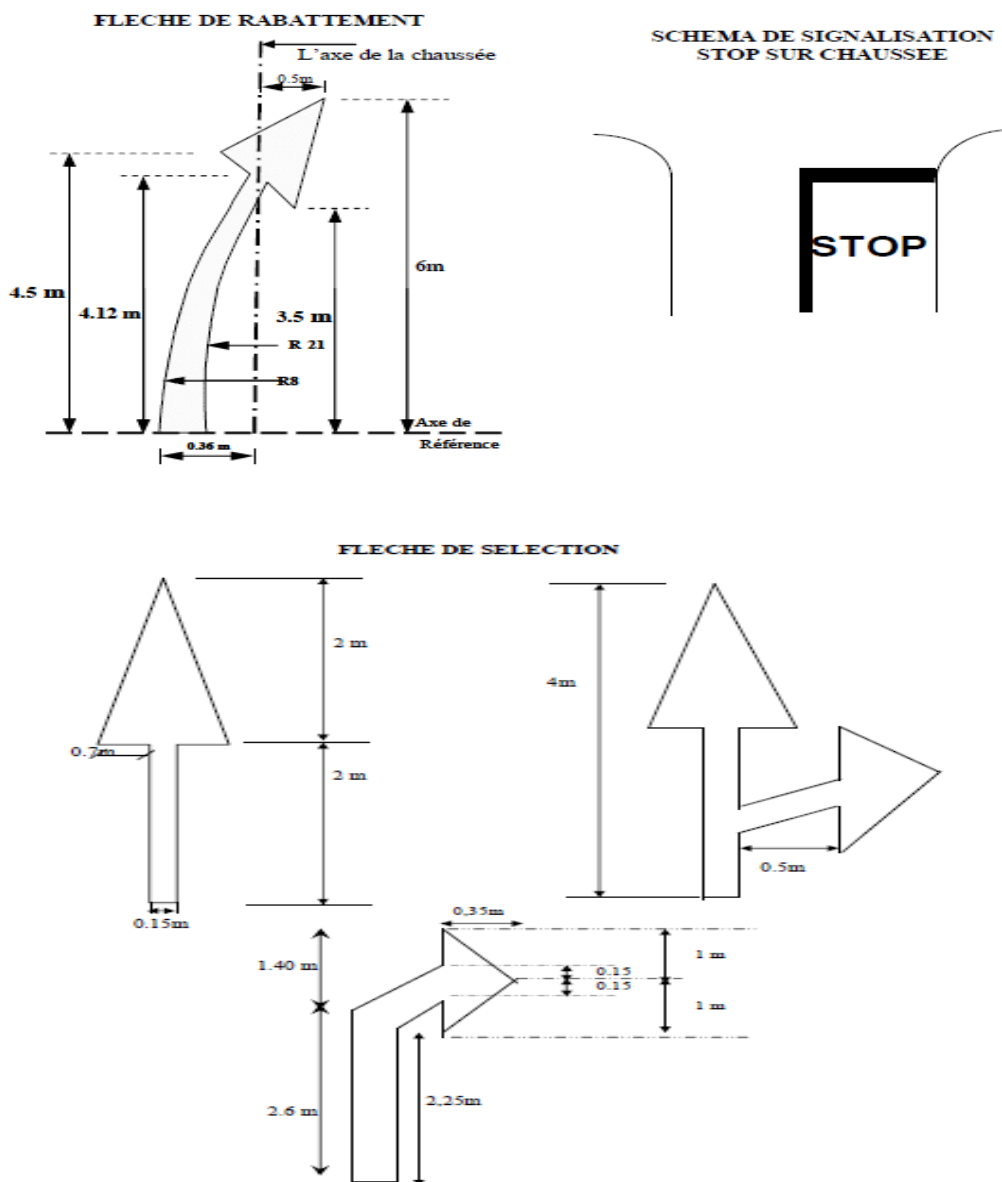
U= 5cm pour les autres routes.

NB : Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7,5cm.

6) Application au Projet:

En se rapportant aux différents types de signalisation cités ci-dessus on a adapté le plan de signalisation suivant :

- **Pour la signalisation horizontale :**





Lignes blanches discontinues

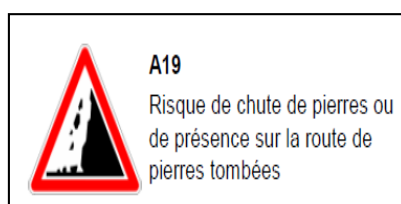
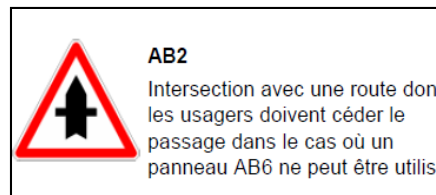


Lignes blanches continues

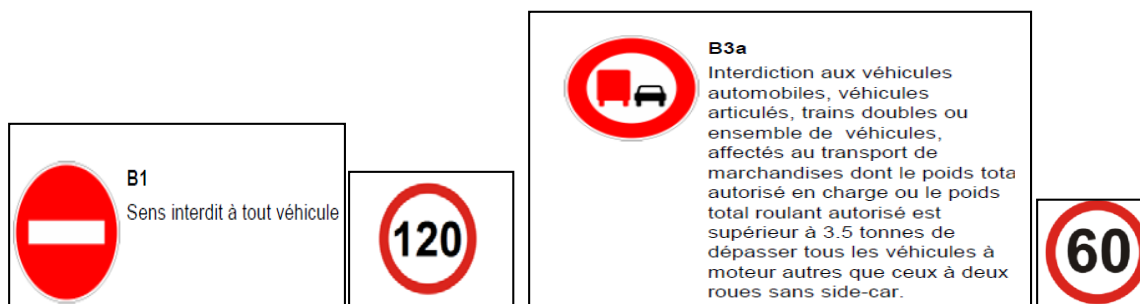


- Pour la signalisation verticale :

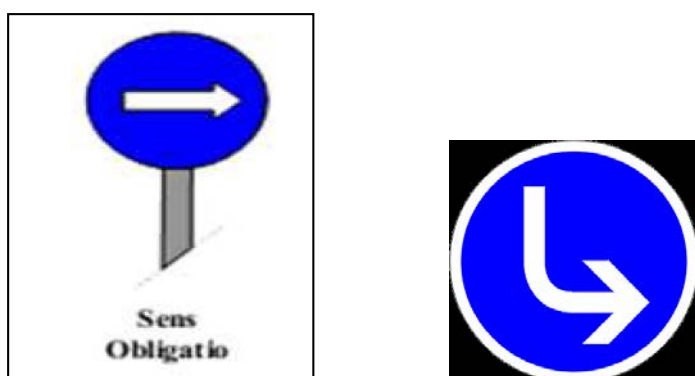
Panneaux de danger :



Panneaux d'interdiction :



Panneaux d'obligation :



Obligation de suivre la direction indiquée

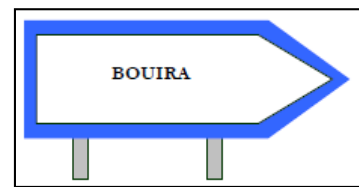
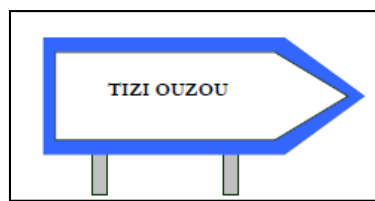
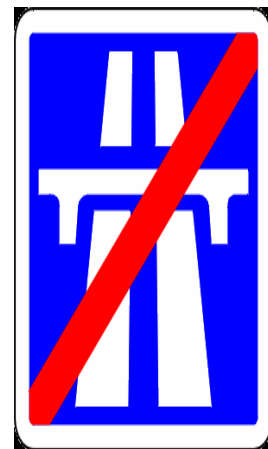
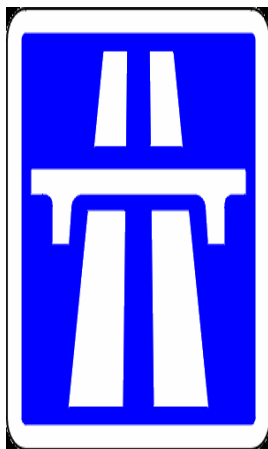
La fin de prescription :



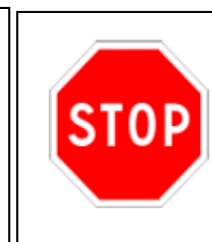
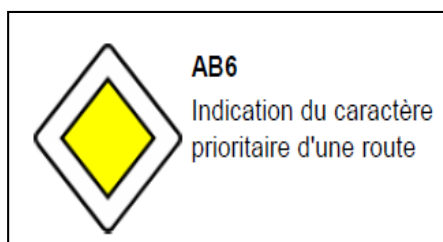
Fin de toutes interdictions.

Fin d'interdiction de dépassement pour les poids lourds.

Panneaux d'indication et de localisation :



Panneaux d'intersection :



II- EQUIPEMENTS

1). L'éclairage public :

1. Introduction :

L'éclairage public est généralement un éclairage de chaussée offrant une amélioration de la visibilité. Il est utilisé lorsqu'il y a fréquemment coexistence de piétons et de véhicules, c'est-à-dire à l'intérieur des localités en zones bâties. Il s'agit principalement de créer dans ces espaces, des conditions permettant aux usagers de la circulation de s'identifier mutuellement rapidement.

En outre, l'éclairage des rues doit donner un sentiment de sécurité et contribuer à la prévention des accidents.

2. Critères fonctionnels en éclairage public :

Principaux critères à retenir sont :

- Les types d'usages et d'usagers (type de voie).
- Le la vitesse de déplacement.
- Le type de chaussée.
- Les contraintes (risques d'accident, sentiment de sécurité...).

NB : dans notre projet (usage uniquement automobile), le critère principal retenu est L'uniformité de la luminance.

3. 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.**

NB : pour notre projet on a utilisé (cas d'une autoroute) \implies **catégorie A**

4. Paramètre de l'implantation des luminaires :

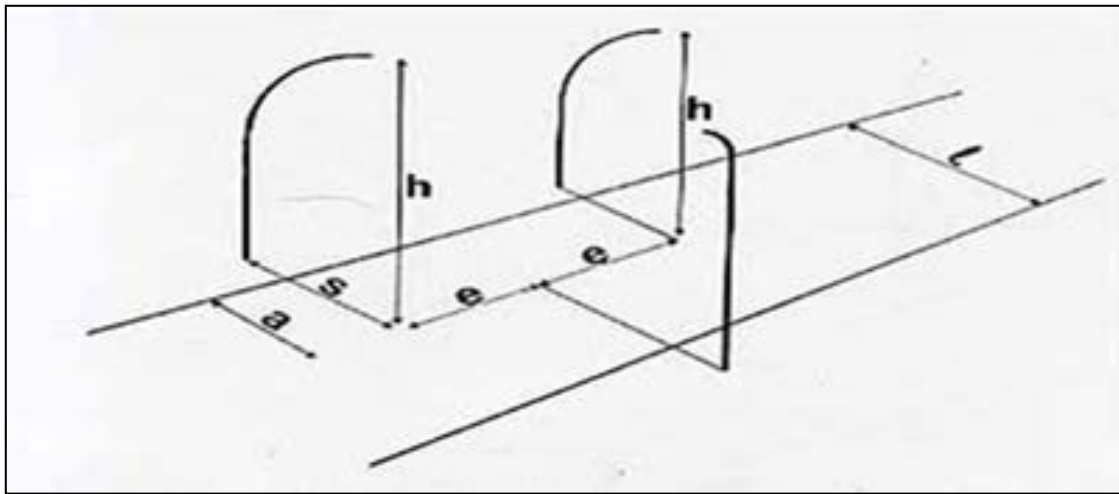


Figure X- 1:caractéristiques géométriques d'une installation d'éclairage public

Avec :

- **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 (**s**) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (**a**) par rapport au bord de la chaussée.

5. Eclairage appliqué à notre projet :

✓ Éclairage de la voie (le long du tronçon étudié) :

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés dans la terre plein centrale avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi chaussée, **espacés de 20 à 30m, de 12m de hauteur**(on a une chaussée de 2x2voies élargissables à (2x3)voies.

✓ Éclairage des trottoirs et passage pour piétons :

La bordure du trottoir doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs réfléchissants ou lumineux et on place des foyers l'ordre de **12m de hauteur**

Pour tous les sens. On prévoit aussi plusieurs foyers pour assurer un bon éclairage aux passages pour piétons placés de part et d'autre.

✓ Éclairage de l'échangeur

Pour l'échangeur on implant des lampadaires de hauteur de **8m**(bretelles a 1voie) au périmètre de chaque anneau pour faire éclairer la demi chaussée intérieure du échangeur et des lampadaires dans chaque trottoir pour éclairer le demi chaussée extérieur de la chaussée.

2). Dispositifs de sécurité :

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

1. Glissières de sécurité :

- **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles.

Eventuellement **des glissières sur le T.P.C** pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes hauteurs de remblais.

2. La murette de protection en béton armé :

Envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- ✓ Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- ✓ Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.

3. Application au projet :

Parmi ces dispositifs, on a opté à utiliser des glissières de sécurité de niveau 1 voir l'importance de la pénétrante, et des glissières sur le T.P.C pour la retenue et la séparation.

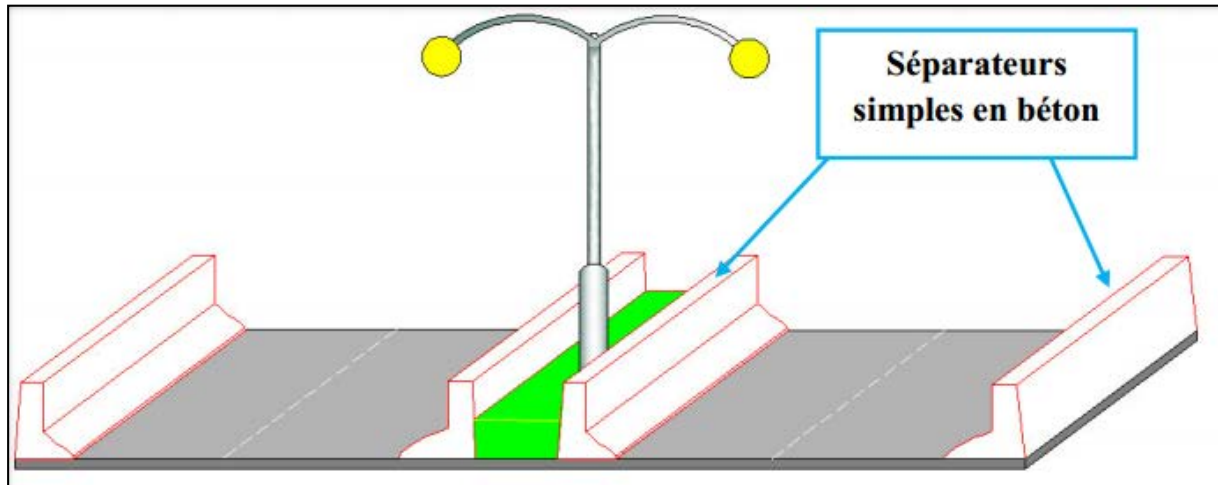


Figure X- 2: séparateurs projetés sur la route

Au niveau de l'échangeur :

Nous prôtons pour chaque bretelle des glissières de sécurité métalliques à droite de la chaussée.

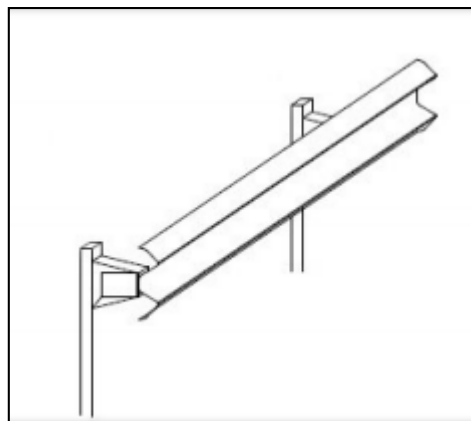


Figure X- 3: glissières de sécurité métalliques

Chapitre VI

ETUDE DE L'ECHANGEUR

I- INTRODUCTION

Au PK4+700, l'autoroute intercepte un chemin communal dérivant de la RN25 et desservant les localités riveraines «DRAA GAID, IGHIL OUZINE...etc.»; pour éviter d'isoler celles-ci, un rétablissement de la circulation s'avère inévitable. Le choix du moyen de rétablissement dépend en premier lieu de l'importance des deux routes à croiser ; dans notre cas on a une voie expresse qu'on doit privilégier en faisant recourt à la solution carrefour dénivelé pour conserver sa fluidité.

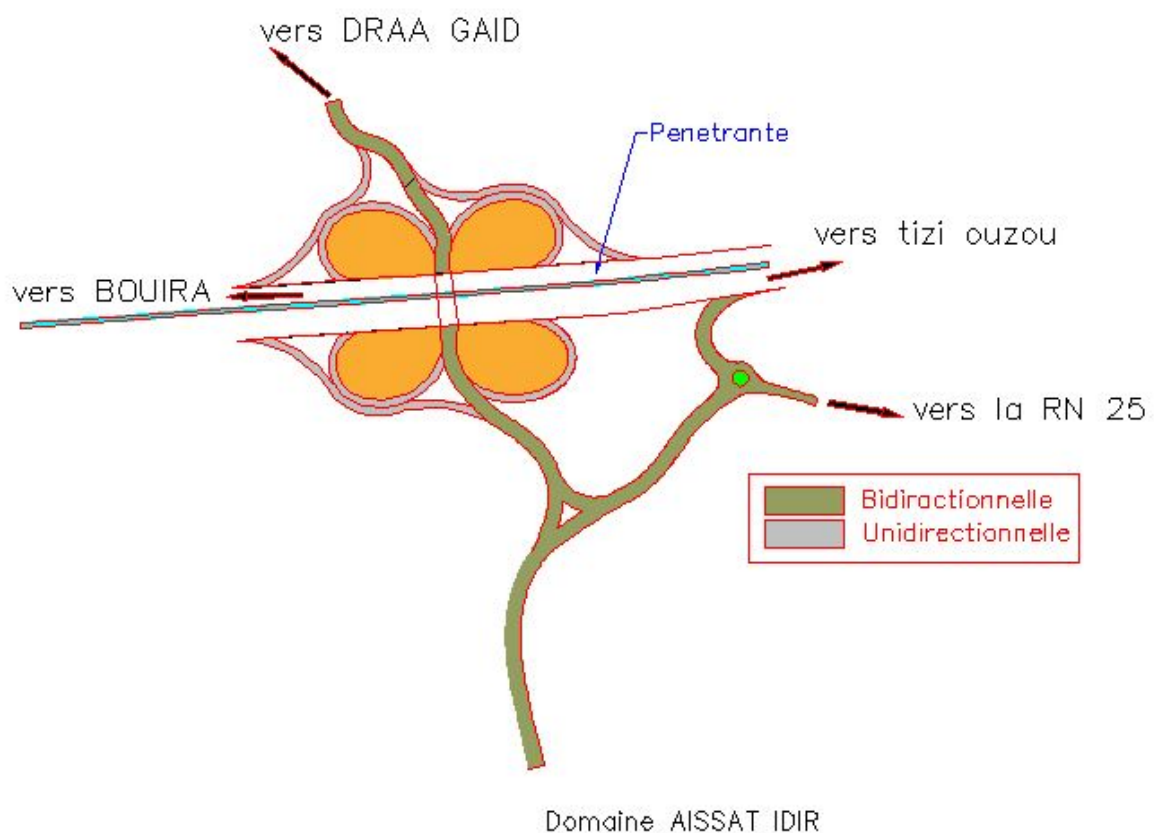


Figure VI- 1: Analyse des échanges

II-DISPOSITIONS CONVENTIONNELLES « ICTAAL »

1) Vitesse conventionnelle dans une bretelle

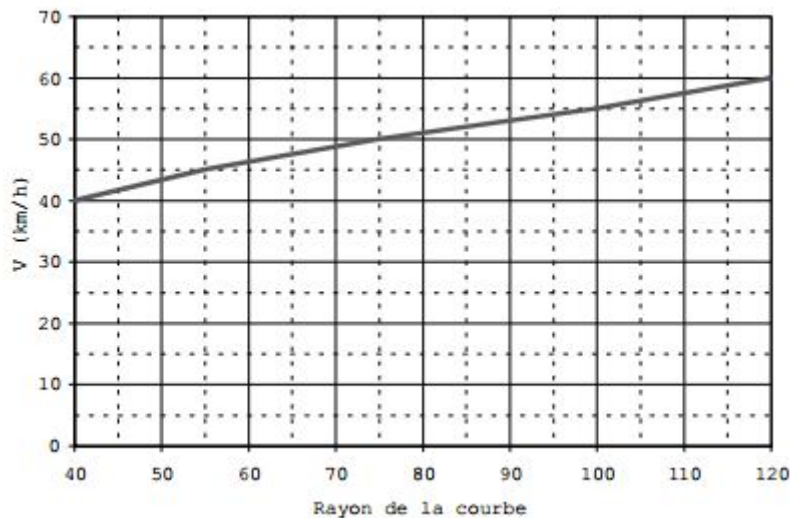


Figure VI- 2 : Vitesse conventionnelle dans une bretelle en fonction du rayon de la courbe

2) Valeurs limites des rayons en plan dans une bretelle (ICTAAL)

Par convention, un rayon en plan est mesuré par rapport au bord intérieur de la chaussée.

Le rayon minimal est de **40 m**. Mais, le rayon de la première courbe rencontrée en sortie doit être au moins de **100 m**.

En boucle, il n'est pas conseillé de recourir à des rayons excédant 60 m.

Le rayon minimal non déversé (Rnd) est de 300 m

Les rayons minimaux à retenir sont donnés en fonction de la vitesse (voire la **Figure VI- 1**).

3) Dispositif d'entrée en autoroute

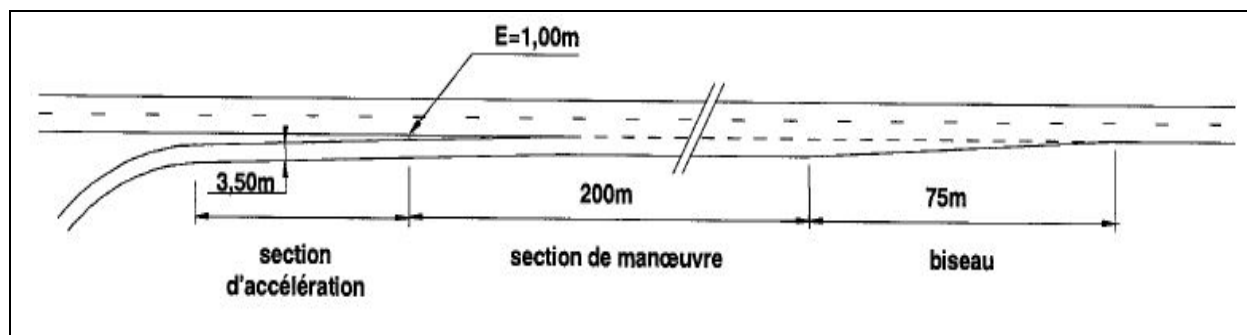


Figure VI-3 : Dispositif d'entrée en autoroute

- 1) **Le biseau** : sa longueur est égale à 75m
- 2) **Section de manœuvre** : une distance qui permet de basculer en file courante, sa longueur est égale à 200m
- 3) **Zone d'accélération** :
 - a) En palier

La section d'accélération « L_0 » doit permettre d'atteindre une vitesse conventionnelle de **55 km/h** au point **E=1.00m** avec « 1m/s^2 » d'accélération en palier, son axe présente une obliquité de **3 à 5%** par rapport à l'axe de l'autoroute. « **Voire la figure** »,

- b) En pente

$$L_a = L_0 / (1 + 10.p)$$

$$L_d = L_0 / (1 - 10.p)$$

Avec :

- « p » : la pente en valeur algébrique
- « L_a » : longueur en rampe (ascendant)
- « L_d » : longueur en descendante (descendant)

4) Dispositif de sortie de l'autoroute

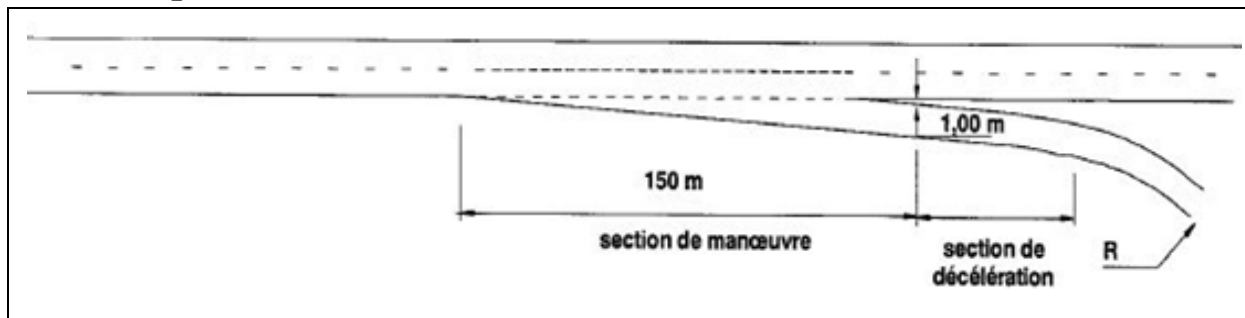


Figure VI- 4 : Dispositif de sortie de l'autoroute

- 1) **Section de manœuvre : 150m**
- 2) **Zone de décélération**
 - a) En palier

La longueur de la section d'accélération « L_0 » doit permettre d'atteindre une vitesse conventionnelle de **70 km/h** au point **E=1.00m** avec « 1.5 m/s^2 » d'accélération en palier.

c) En pente

$$L_a = L_0 / (1 + 10.p)$$

$$L_d = L_0 / (1 - 10.p)$$

- L_0 est en fonction du rayon de la première courbe rencontrée en sortie et de la dernière en entrée, elle est donnée par le graphe suivant :

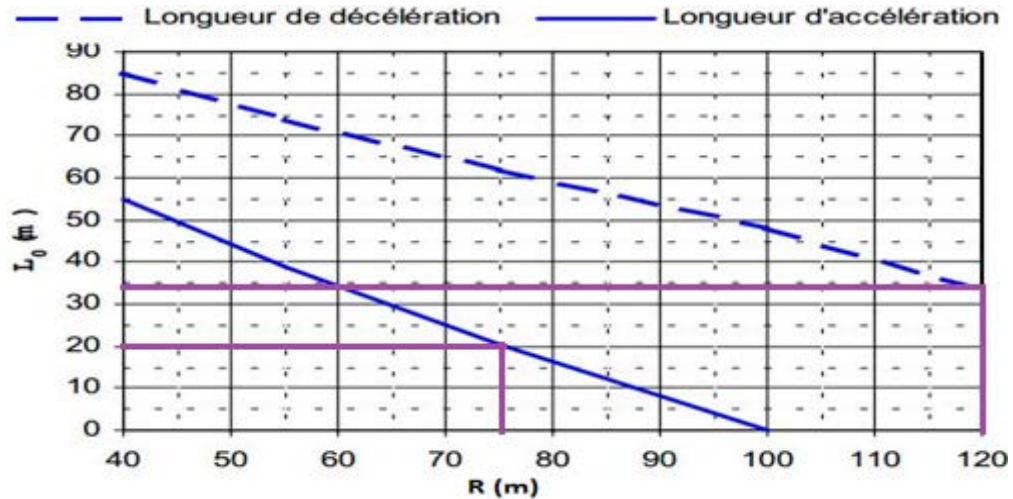


Figure VI- 5: longueur «d'accélération/décélération » en fonction du rayon

5) Surlageur

Un véhicule long a deux essieux, circulant dans un virage (rayon inférieur à 200m) balaye en plan une bande de chaussées de largeur supérieure à celle de la chaussées et empiète sur la chaussée adjacente, le problème est dit « inscription des véhicules dans les virages », afin d'éviter les accidents occasionnés par ce chevauchement, on ajoute à la chaussée une bande de largeur S , elle est calculée pour une chaussée et appliquée pour la chaussée adjacente :

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

Avec :

- S : Surlageur
- R : Rayon de la courbe
- L : Longueur moyenne du véhicule type prise égale à 10m

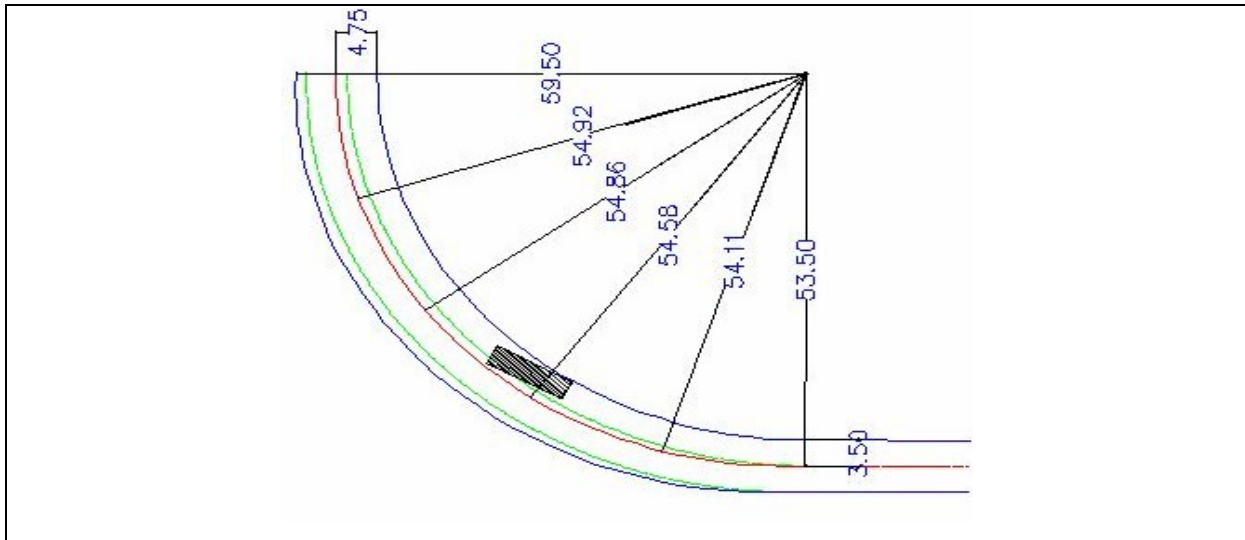


Figure VI- 6: Inscription des véhicules dans un virage

6) Profil en long des bretelles

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes :

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500m
Rayon minimal en angle rentrant	800m

Tableau VI- 1:Profil en long « ICTAAL »

7) Profil en travers

Chaussée	Unidirectionnelle	3.5 m
B.D.D.		1.00 m
B.D.G		0.50 m

III- APPLICATION AU PROJET

1) ETUDE DU TRAFIC

✓ Pour la pénétrante :

• Le trafic à l'année 2007 : $TJMA=13810/2 =6905$ v/J

Nombre de voies= (3x2) (déterminé dans le chapitre 3)

✓ **Pour la RN30 :**

- Le trafic à l'année 2007 : $TJMA=4880/2=2440$ v/J.

Nombre de voies = (1x2) (voie déjà existante).

✓ **Les bretelles :**

- Le trafic à l'année 2007 : $TJMA=10\%$ (TJMA la pénétrante)

D'où :

$$TJMA=691V/J$$

- La capacité théorique : $C_{th}=1100$ (E_2, C_2 et pour une chaussée séparée à 1 voies)

$$TJMA_{2017}=691 \cdot (1 + 0,04)^{10} = 1\ 023 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2037}=10\ 221 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 2\ 242 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2017}=1\ 023\text{v/j.}$$

$$TJMA_{2037}=2\ 242 \text{ v/j.}$$

$$T_{eff} = 2242 \times [(1 - 0.35) + 6 \times 0.35] = 6\ 166 \text{ uvp/h.}$$

$$T_{eff} = 6\ 166 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{36} = 0.12 \times 6166 = 740 \text{ uvp /h}$$

$$Q_{36} = 740\text{uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1\ 500 = 1\ 262\text{uvp /h}$$

Donc:

$$Q_{adm} = 1\ 262(\text{uvp/h}).$$

$$n = (2 / 3) \times (740 / 1\ 262) = 0.39 \approx 1.$$

Nombre de voies = 1 voie

2) PARAMETRAGE

a) Vitesses dans les bretelles

		la pénétrante	le chemin communal
V_B	(km/h)	120	60
$V_{\text{souhaitable}}$	(km/h)	100	50
V_{min}	(km/h)	60	40

Tableau VI- 2: Vitesses sur les bretelles

Afin de satisfaire à ces conditions, il ya lieu de différencier les paramètres des différentes sections d'une même bretelle; le **Tableau VI- 3** récapitule les différents paramètres retenus.

b) Paramètre du tracé en plan des bretelles

Section	V_B (m)	Rayon (m)	L_0 (m)
section de sortie « décélération »	60	120	35
section d'entrée « accélération »	50	75	20
boucle	40	40	

Tableau VI- 1: Paramètres des différentes sections des bretelles

c) Profil en travers type des bretelles

Profil en travers des deux routes

- ✓ **La pénétrante** : 2x2 voies de 3.5m
- ✓ **Le chemin communal** : route à une voie bidirectionnelle de 7m

D'après l'étude du trafic un profil en travers d'une seule voie de 3.5m sera suffisant

d) Surlargeurs

Section	R (m)	S (m)
Sortie	120	0.4
Entrée	75	0.6
Boucle	40	1.25

Tableau VI- 2:Surlargeur

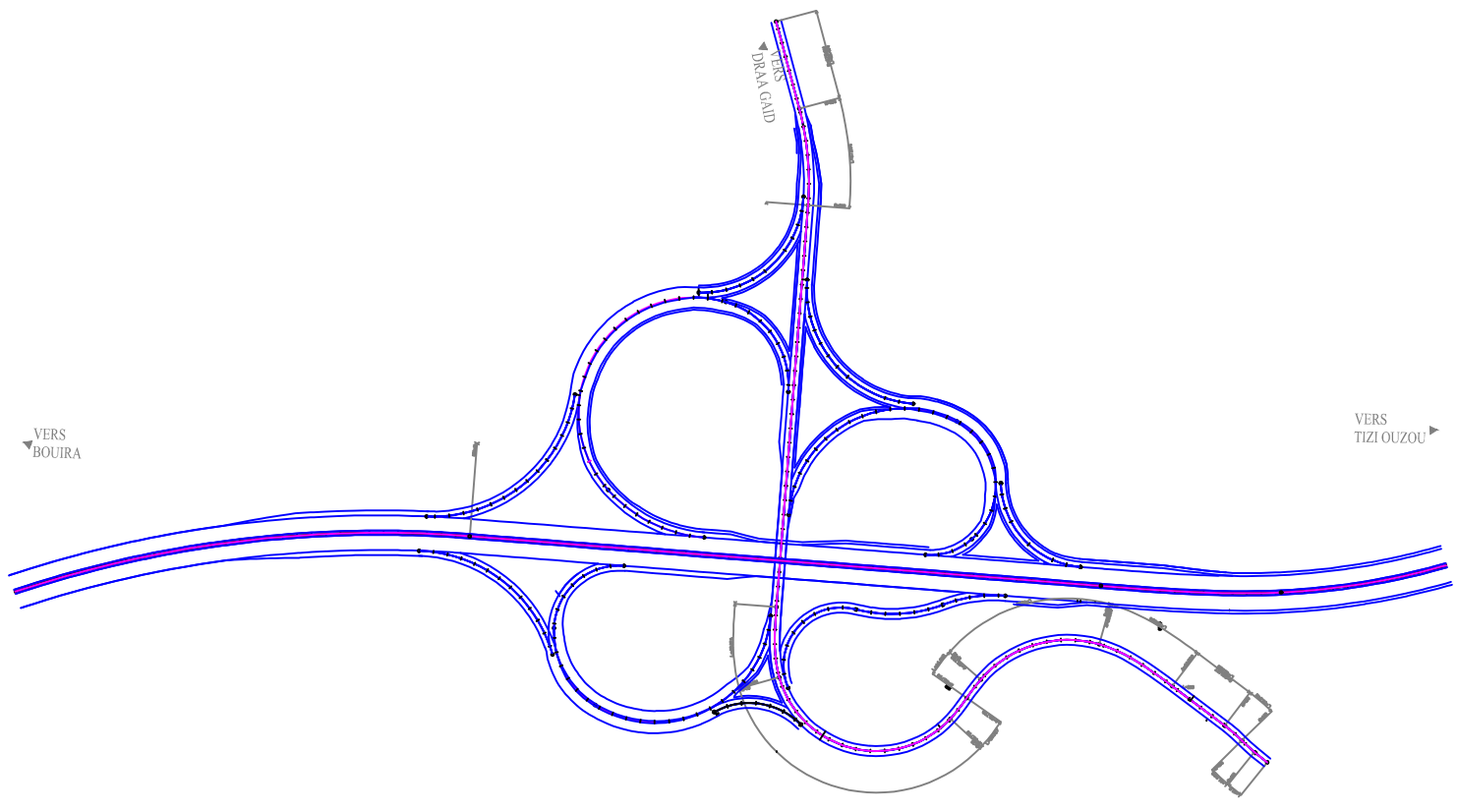
Par souci d'esthétique, on a uniformisé l'allure des bretelles en termes de largeur on appliquant une seule surlargeur égale **1.25 m** dans la mesure où l'augmentation du rayon de la boucle soit impossible.

Le **Tableau VI- 3** récapitule les caractéristiques des différents éléments constituant le profil en travers des bretelles.

Chaussée	Unidirectionnelle	3.5 m
B.D.D.		1.00 m
B.D.G.		0.50 m
Surlargeur		1.25 m

Tableau VI- 5: Profil en travers des bretelles

NB : faute d'un levé topographique étroit, la conception de l'échangeur n'a pas atteint son terme « voir la planche de la conception plane ».



Chapitre VII

ETUDE HYDRAULIQUE

I- INTRODUCTION

Le rétablissement des écoulements naturels est une tâche qui doit être abordée avec soin dans la conception de tout projet comportant des terrassements ou de construction; notamment dans les projets routiers vu les barrières que peuvent constituer les opérations de déblais et remblais, des ouvrages hydrauliques doivent faire l'objet d'un dimensionnement garantissant le bon rétablissement des écoulements naturels, évitant ainsi l'inondation et l'érosion des terrains avoisinant le projet d'un côté ; et assurant la stabilité de l'ouvrage lui-même vis-à-vis des infiltrations qui peuvent nuire à la portance du corps de chaussée d'un autre côté.

Une part de cet aspect est prise en compte dans la conception du tracé lui-même en déversant la chaussée longitudinalement « profil en long » d'une pente minimale 0.5% et transversalement « profil en travers » d'une pente allant de -2.5% à 7% tel que l'ICTAAL le recommande; et en fin, l'eau est collecté et acheminé à l'aide de caniveaux, buses et dalots.

II- ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique vise à récolter des données relatives aux caractéristiques morphologiques des bassins versants que traversent le projet et leurs écoulements.

Moyennant des données climatiques, pluviométriques et géographiques du site, l'hydrologue quantifie les débits des surfaces et des cours d'eau traversés.

Le tracé du tronçon sujet de notre travail, traverse une série de bassins de pentes et surfaces modérées dont les caractéristiques sont mentionnées au **tableau (VII-4)**

Contraintes hydrologiques

L'axe autoroutier projeté traverse deux oueds de moyenne importance

- Oued Mouna au PK4+400
- Oued Boughni au PK5+540

Données pluviométriques

Pluie journalière moyenne $P_j \text{ moy} = 60.35 \text{ mm}$

Coefficient de variation $C_v=0.38$

Exposant climatique $b=0.37$

III- METHODES D'EVALUATION DU DEBIT D'APPORT DES BASSINS VERSANT NATURELS

Il existe plusieurs méthodes de calcul des débits pluviaux sur une superficie à assainir, à savoir :

a) Méthode CRUPEDIX :

$$Q_{10} = S^{0.8} \times \left[\frac{P(10)}{80} \right]^2 \times R$$

Avec :

S : Surface du bassin versant en (Km²)

R : Coefficient régional (sans unité)

P₍₁₀₎ : Pluie décennale journalière en (mm)

b) Méthode de transition

La formule de **transition** s'écrit :

$$Q_{(T)} = \alpha \times Q_{R(T)} + \beta \times Q_{c(T)}$$

Avec :

$Q_{(T)}$: débit de projet de temps de retour T ;

$Q_{R(T)}$: débit fourni par la formule rationnelle, temps de retour T ;

$Q_{c(T)}$: débit fourni par la formule Crupédix, temps de retour T;

α et β : coefficients de pondération avec $0 < \alpha < 1$ et $0 < \beta < 1$ et $\alpha + \beta = 1$

c) Méthode rationnelle :

Pour le dimensionnement de réseau d'assainissement, La méthode dite **RATIONNELLE** est la plus utilisée pour le drainage routier.

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

Où :

K : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) **K = 0.2778**.

C : coefficient de ruissellement.

I : l'intensité de l'averse exprimée **mm /h**

A : superficie du bassin versant **Km²**.

IV- DOMAINES D'APPLICATION DES DIFFERENTES METHODES

Superficie du bassin versant	1 Km ²	10 Km ²	50 Km ²	Km ²
France sauf façade méditerranéenne	Formule RATIONNELLE	Formule de TRANSITION	Formule CRUPEDIX	Formule CRUPEDIX
France méditerranéenne	Formule RATIONNELLE	Formule RATIONNELLE	Formule de TRANSITION	Formule CRUPEDIX

Tableau VII- 1:Plage d'utilisation pour chacune des trois formules

➤ Les conditions climatiques du site du projet sont assimilables à celles du bassin méditerranéen « France méditerranéen ».

V- DEMARCHE DE CALCUL DU DEBIT DE RUISSELLEMENT PAR LA METHODE RATIONNELLE

1) Coefficient de ruissellement(C) :

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

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

• **Coefficient C1 :**

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

• **Coefficient C2 :**

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

• **Coefficient C3 :**

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

2) Intensité de la pluie

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{\mu\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

$P_{j\text{moy}}$: pluie journalière moyenne (mm).

Cv : Coefficient de variation.

\ln : Log Népérien.

U : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant:

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau VII- 2:variable de GAUSS (fonction de la période de retour)

b) La fréquence d'averse

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

Avec :

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique = **0.28**

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure).

c) Temps de concentration :

La durée 't' de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI comme suit :

- ✓ La formule de VENTURA Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

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

- ✓ La formule de PASSINI Lorsque $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

- ✓ La formule de GIADOTTI Lorsque $25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2$:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{H}$$

Avec :

T_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (**km²**).

L : Longueur de bassin versant (**km**).

P : Pente moyenne du bassin versant (**m.p.m**).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (**m**).

d) L'intensité de l'averse :

Est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^B$$

Avec:

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1 h.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{Pj(\%)}}{24\mathbf{h}} \quad \mathbf{B} = \mathbf{b} - \mathbf{1}$$

VI- CALCUL DE DÉBIT DE SATURATION(Q_s)

Le calcul du débit est déterminé par la formule de **MANNING STRICKLER**.

$$\mathbf{Q_s} = \mathbf{K_{St}} \cdot \mathbf{I}^{1/2} \cdot \mathbf{R_H}^{2/3} \cdot \mathbf{S_m}$$

Q_s: Débit de saturation **m³ /s**

I : pente longitudinale de l'ouvrage **m /m**.

RH : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

S_m: surface mouillée (**m²**).

K_{st} : coefficient de rugosité

K_{st}	Nature
30	En terre
40	En buses métalliques
50	En maçonneries
70	En bétons (dalots)
80	En bétons (buses préfabriquées)

Tableau VII- 3:coefficients de rugosité

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

$$\mathbf{Q_a} \leq \mathbf{Q_s}$$

- **Q_a** : débit d'apport en provenance du bassin versant (**m³/s**).
- **Q_s** : débit d'écoulement au point de saturation (**m³/s**)

VII- APPLICATION AU PROJET

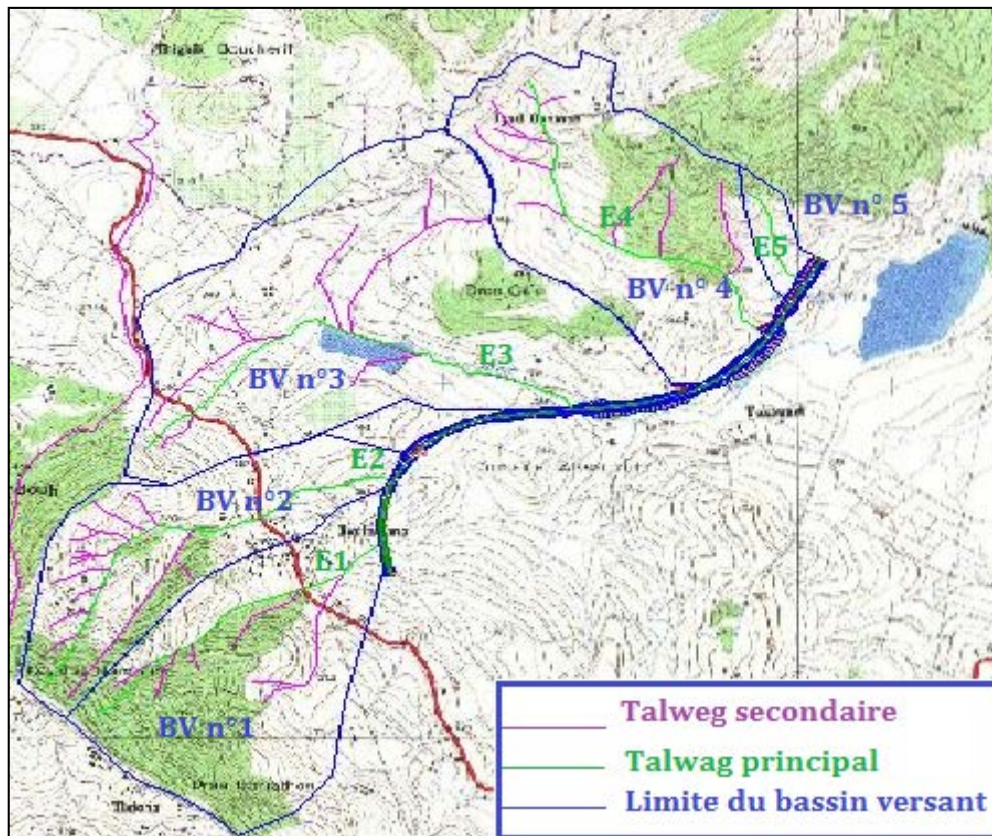
Caractéristiques morphologique des bassins versants

Figure VII- 1:Délimitation des bassins versants

Les surfaces des bassins versants ont été estimées avec AUTOCAD sur la carte topographique « échelle 1 :25000 »

N°BV	Surface (km ²)	Périmètre (m)	Hmax (m)	Hmin (m)	Longueur (km)
1	1,714	5.550	740	350	1,732
2	1,265	4.587	770	335	2,36
3	2,993	8.072	500	300	2,531
4	1,761	5.908	500	295	2,08
5	0,137	1.837	510	275	0,571

Tableau VII- 4:caractéristiques des bassins versants

Les fossés, les buses et les dalots sont dimensionnés pour des périodes de retour respectives de 10ans 20ans et 50ans.

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{\mu\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

Pj moy	μ	Cv	Pj	
60,35	1,282	0,38	90,34	Pj (10%)
60,35	1,645	0,38	103,22	Pj (5%)
60,35	2,057	0,38	120,08	Pj (2%)

b) Temps de concentration :

Le temps de concentration est estimé d'après La formule de VENTURA Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$

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

N° du BV	A (km ²)	H max(m)	H min(m)	L(km)	P (m/m)	Tc(heure)
1	1,714	740	350	1,732	0,225	0,126
2	1,265	770	335	2,36	0,184	0,093
3	2,993	500	300	2,531	0,079	0,138
4	1,761	500	295	2,08	0,099	0,117
5	0,137	510	275	0,571	0,412	0,062

c) Intensité de l'averse

N°BV	Fréquence au dépassemen t (%)	t_c	B	Pj(%)	I	I_t
BV N°01	10%	0,126	-0.63	90,34	3.764	102.79
	5%	0,126	-0.63	103,22	4.301	117.45
	2%	0,126	-0.63	120,08	5.003	136.62
BV N°02	10%	0,093	-0.63	90,34	3.764	124.46
	5%	0,093	-0.63	103,22	4.301	142.22
	2%	0,093	-0.63	120,08	5.003	165.43
BV N°03	10%	0,138	-0.63	90,34	3.764	97.06
	5%	0,138	-0.63	103,22	4.301	110.91
	2%	0,138	-0.63	120,08	5.003	129.01
BV N°04	10%	0,117	-0.63	90,34	3.764	107.70
	5%	0,117	-0.63	103,22	4.301	123.07
	2%	0,117	-0.63	120,08	5.003	143.15
BV N°05	10%	0,062	-0.63	90,34	3.764	160.68
	5%	0,062	-0.63	103,22	4.301	183.61
	2%	0,062	-0.63	120,08	5.003	213.58

Surface de l'écoulement

On considère la présence des trois éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le

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

Les linéaires des 4 bassins de calcul sont :

***484.126 m** pour le bassin **BV N°1**.

* **229.274 m** pour le bassin **BV N°2**.

* **864.640m** pour le bassin **BV N°3**.

*788.272m pour le bassin BV N°4.

*283.446m pour le bassin BV N°5

Donc :

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

Avec :

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

$$Q_t = K \cdot I \cdot C_t \cdot A_t$$

$$Q_{BV} = K \cdot I \cdot C_{tm} \cdot A_{BV}$$

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

Et:

- ✓ Q_c : débit rapporté par la chaussée.
- ✓ Q_t : débit rapporté par le talus.
- ✓ Q_{BV} : débit rapporté par le terrain naturel.

Les coefficients de ruissellement

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

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

Tableau VII- 5:coefficients de ruissellement

➤ Pour le bassin versant N°01 :

	%	K	P	Pj	A	t _c	B	I _t	C	Qa
BV	10	0.2778	0.225	90,34	1.714	0.126	-0.63	102.79	0.329	16.356
	5			103,22				117.45		18.689
	2			120,08				136.62		21.739
CHAUSSEE	10	0.2778	0.025	90,34	0.0051	0.057		161.24	0.95	0.217
	5			103,22				193.60		0.260
	2			120,08				225.19		0.303
TALUS	10	0.2778	0.666	90,34	0.0048	0.011		477.13	0.25	0.159
	5			103,22				545.79		0.182
	2			120,08				634.87		0.212

Tableau VII- 6:Section et débit d'apport de bassin versant 01

➤ Pour le bassin versant N°02 :

	%	K	P	Pj	A	t _c	B	I	C	Qa
BV	10	0.2778	0.184	90,34	1.265	0.093	-0.63	124.46	0.312	13.646
	5			103,22				142.22		15.593
	2			120,08				165.43		18.138
CHAUSSEE	10	0.2778	0.025	90,34	0.0024	0.039		215.18	0.95	0.136
	5			103,22				245.88		0.155
	2			120,08				286.02		0.181
TALUS	10	0.2778	0.666	90,34	0.0023	0.007		635.00	0.25	0.101
	5			103,22				725.59		0.116
	2			120,08				844.02		0.135

Tableau VII- 7: Débit d'apport de bassin versant 02

➤ Pour le bassin versant N°03 :

	%	K	P	Pj	A	t _c	B	I	C	Qa
BV	10	0.2778	0,079	90,34	2,993	0,138	0.63	97.06	0.251	20.256
	5			103,22				110.91		23.146
	2			120,08				129.01		26.924
CHAUSSEE	10	0.2778	0.025	90,34	0.0091	0.076		141.34	0.95	0.339
	5			103,22				161.50		0.388
	2			120,08				187.86		0.451
TALUS	10	0.2778	0.666	90,34	0.0086	0.014		410.32	0.25	0.245
	5			103,22				468.86		0.280
	2			120,08				545.38		0.326

Tableau VII- 8:Section et débit d'apport de bassin versant 03

➤ Pour le bassin versant N°04 :

	%	K	P	Pj	A	t _c	B	I	C	Qa
BV	10	0.2778	0,099	90,34	1,761	0,117	0.63	107.70	0.398	20.969
	5			103,22				123.07		23.962
	2			120,08				143.15		27.872
CHAUSSEE	10	0.2778	0.025	90,34	0.0083	0.073		144.97	0.95	0.317
	5			103,22				165.65		0.362
	2			120,08				192.69		0.422
TALUS	10	0.2778	0.666	90,34	0.0078	0.014		410.32	0.25	0.222
	5			103,22				468.86		0.254
	2			120,08				545.38		0.295

Tableau VII- 9: débit d'apport de bassin versant 04

➤ Pour le bassin versant N°05 :

	%	K	P	Pj	A	t _c	B	I	C	Qa
BV	10	0.2778	0.398	90,34	0,137	0,074		143.73	0.398	2.177
	5			103,22				164.24		2.487
	2			120,08				191.05		2.893
CHAUSSEE	10	0.2778	0.025	90,34	0.0029	0.043		202.34	0.95	0.154
	5			103,22				231.21		0.176
	2			120,08				268.95		0.205
TALUS	10	0.2778	0.666	90,34	0.0028	0.008	-0.63	583.76	0.25	0.113
	5			103,22				667.04		0.129
	2			120,08				775.92		0.150

Tableau VII- 10:section et débit d'apport de bassin versant 05

VIII- CALCUL DU DEBIT CAPABLE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les ouvrages hydrauliques sont calculés avec la formule MANNIG-STRICLER

$$V = k \times P^{(1/2)} \times Rh^{2/3}$$

$$Q_s = V \times S_m$$

Avec:

- **V**: la vitesse écoulement
- **K**: coefficient de rugosité de l'ouvrage
- **P** : pente de l'ouvrage
- **Rh** : rayon hydraulique $Rh = S_m / p_m$
- **S_m** : surface mouillée
- **P_m** : périmètre mouillé

IX- DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

1) Exemple de calcul d'un fossé (bassin versant n° 5)

a) Calcul des débits d'apport (Qa) :

➤ Pour la chaussée

$$C_C = 0.95 \quad P = 2.5\% \quad I(10\%) = 202.34 \text{ mm/h}$$

$$(Qa)_C(10\%) = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Pour le talus

$$C_T = 0.25 \quad P = 66\% \quad I(10\%) = 538.76 \text{ mm/h}$$

$$(Qa)_t = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Débit du bassin versant (N° 5)

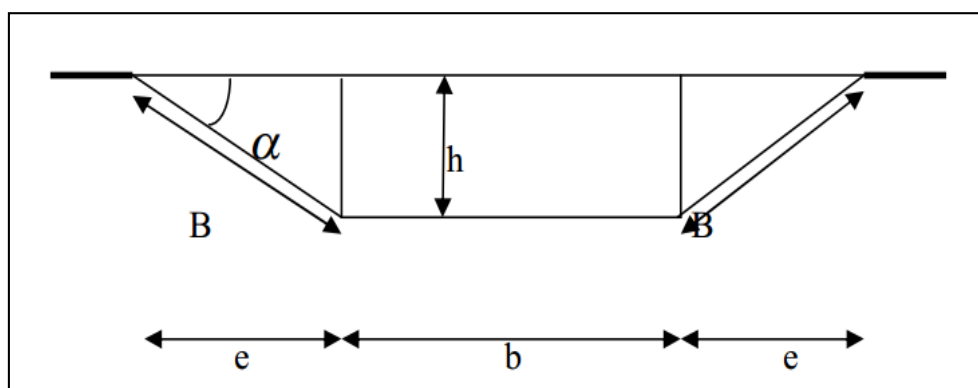
$$Q_{BV5} = 2.177 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alors le débit d'apport (Qa) sera : $Qa = Q_t + Q_C + Q_{BV}$

$$\left. \begin{array}{l} (Qa)_c = 0,154 \text{ m}^3/\text{s} \\ (Qa)_t = 0,113 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{BV4} = 2.177 \text{ m}^3/\text{s} \end{array} \right\} \Rightarrow Qa = 2.444 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Dimensionnement du fossé:

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



Avec :

Sm : surface mouillée : **Sm = h. (b + n.h)**

$$\left\{ \begin{array}{l} Sm = b \times h + 2 \times \frac{e \times h}{2} \text{ et } \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'où } e = n \times h \\ Sm = b \times h + n \times h^2 = h \times (b + n \times h) \end{array} \right. \implies \mathbf{Sm = h \times (b + n \times h)}$$

Pm : périmètre mouillé = b + 2B

Avec :

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 h^2} = h \sqrt{1 + n^2}$$

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

Rh : rayon hydraulique : **Rh = Sm / Pm**

P : pente du talus : **P = 1/n**

On fixe la base du fossé à (**b = 50 cm**) et la pente du talus à (**1/n = 1/1.5**) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation ;

$$\mathbf{Qa = Qs = K.I.C.A = Kst.I^{1/2} Sm.Rh^{2/3}}$$

Donc : **Qa = Qs = F (h)** et le calcul se fera par itération.

Application numérique

DONNEES: **Qa = 2.444 m²/s** **K = 70** **I = 2%**

$$\mathbf{Qs = K.I^{1/2} \cdot h (nh+b) \cdot \left[\frac{h(nh+b)}{b+2h\sqrt{1+n^2}} \right]^{2/3}}$$

$$\mathbf{h = \left[\frac{Qa}{Kst \cdot b \sqrt{I}} \right]^{3/5} * \frac{\left(1 + \frac{2h\sqrt{1+n^2}}{b} \right)^{2/5}}{1 + \frac{nh}{b}}}$$

Après un calcul itératif on trouve **H = 0.50m.** (**B X H = 0.50 m X 0.50 m**)

VERIFICATION:

$$Q_s = 70 \times 0,02^{1/2} \times 0,50(1,5 \times 0,50 + 0,50) \times \left[\frac{0,50(1,5 \times 0,50 + 0,50)}{0,50 + 2 \times 0,50 \sqrt{1 + (1,5)^2}} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2,593 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_s > Q_a \quad (\text{vérifié}).$$

2) Exemple de calcul d'une buse (bassin versant N°5) :

a. Pour la chaussée :

DONNEES: $C = 0.95$ $P = 2.5\%$ $I (10\%) = 202.34 \text{ mm/h}$ $A = 0.0029 \text{ ha}$

$$(Q_a)_c = 0.154 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Pour le talus

DONNEES: $C = 0.25$; $P = 66\%$; $I (10\%) = 538.76 \text{ mm/h}$; $A = 0.0028 \text{ ha}$

$$(Q_a)_t = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}.$$

c) Débit du bassin versant (N° 5) : $(Q_a)_{BV5} = 2.117 \text{ m}^3/\text{s}$

Alors le débit d'apport (Q_a) sera : $Q_a = Q_t + Q_c + Q_{BV}$

$$Q_a = 0.154 + 0.113 + 2.177 = 2.444 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Avec :

S_m : surface mouillée = $1/2 \times \pi \times R^2$

R_h : rayon hydraulique = $R/2$

$K_{st} = 80$ (pour les buses préfabriquées)

I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement

à 4 m/s . Pour notre cas ; On a $I = 2.5\%$

$$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}. I^{1/2}. 1/2. \pi. R^2. (R/2)^{2/3}$$

$$R^{8/3} = \frac{Qa \cdot (2)^{2/3}}{Kst \cdot I^{1/2} \cdot 1/2 \cdot \pi}$$

AN: $R = 0.5m$ \implies $D = 2R = 1 m$

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : $\Phi 400, \Phi 500, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots etc.$

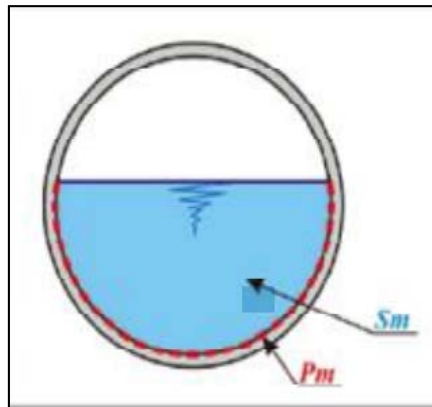


Figure VII- 2:schéma d'une buse

D'où le diamètre de la buse est : $\Phi 1000 \text{ mm}$

3) Exemple de calcul d'un dalot (bassin versant N°03) :

A. Pour la chaussée :

DONNEES: $C = 0.95$; $P = 2.5\%$; $I (2\%) = 187.86 \text{ mm/h}$; $A = 0.0091 \text{ ha}$

$$(Qa)_c = 0,451 \text{ m}^3/\text{s}$$

B. Pour le talus:

DONNEES: $C = 0.25$; $P = 66\%$; $I (2\%) = 545.38 \text{ mm/h}$; $A = 0.0086 \text{ ha}$

$$(Qa)_t = 0,326 \text{ m}^3/\text{s}.$$

C. Débit du bassin versant (N°3) : $(Qa)_{BV3} = 26.924 \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit de ruissellement total est $Qa = 0.451 + 0.326 + 26.924 = 27.701 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Qa = 27.701 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

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

Avec:

S_m : surface mouillée : **S_m = 0,8 H x B.**

P_m : périmètre mouillé : **P_m = 1,6H + B.**

R_h : rayon $R_H = \frac{S_m}{P_m}$

K_{st} = 70 (pour les dalots).

I = 2.5%

$$Q_a = K_{st}. I^{1/2}. S_m . R_h^{2/3} = K_{st}. I^{1/2}. S_m . \left(\frac{S_m}{P_m}\right)^{2/3} = K_{st}. I^{1/2}. (0,8H \times B) \left(\frac{0,8H \times B}{1,6H + B}\right)^{2/3}$$

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

Par un calcul itératif on tire la valeur de H qui vérifie cette inégalité : $Q_s > Q_a$

On fixe B=2.00m \implies On trouve H= 2.00m

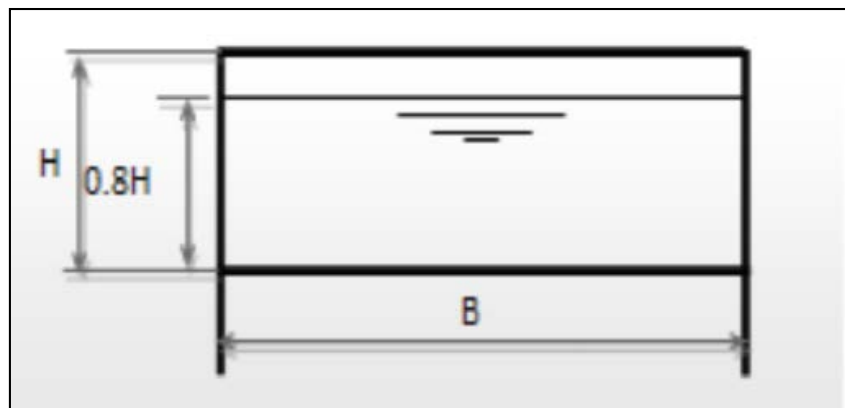


Figure VII- 3:Schéma du dalot

Recapitulatif des ouvrages hydrauliques

Bassin versant	Localisation (PK)	Type d'ouvrage	Dimensions
01	3+190	Dalot	2.00m x 1.50m
02	3+580	Dalot	2.00m x 1.50m
03	3+590	Dalot	2.00m x 2.00m
04	5+710	Dalot	2.00m x 2.00m
05	6+060	Buse	Ø 1000mm

Tableau VII- 11:liste des ouvrages hydrauliques

Chapitre VIII

CUBATURES

I- INTRODUCTION

Le calcul des cubatures est nécessairement utile dans des domaines variés (mouvements de terre avec définition des zones de remblais et de déblai, étude hydrauliques avec recherche des capacités de stockage, dépôt de déchets.....).

La réalisation des terrassements a pour but de donner à la route les caractéristiques géométriques précisées dans le CCTP.

II- DEFINITIONS

- **la cubature** : est la transformation d'un volume de formes quelconques en un cube de volume égal, dans le vocabulaire des travaux publics ce terme désigne la mesure de ce volume (cubage).
- **Les terrassements** : comprennent l'ensemble des travaux de déblai et de remblai exécutés pour donner à la route et à ses abords la forme déterminée par les plans et profils en long et en travers.
- **Les travaux de déblai** : Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour
- **Les travaux de remblai** : Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour obturer des cavités (comblir une tranchée, aplanir un terrain...etc.). Les remblais sont constitués par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris végétal. Les remblais sont commencés par les points les plus bas.

III- METHODES DE CALCUL DES CUBATURES

Les méthodes les plus courantes pour évaluer les cubatures sont ;

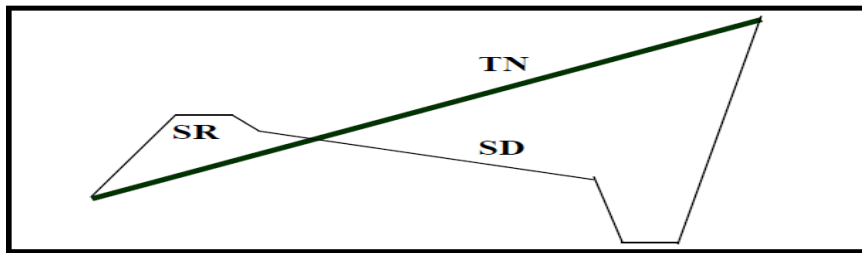
✓ Soit en bureau :

-Les méthodes classiques, elles consistent à décomposer le volume à cuber en prismes verticaux ou à tracer un profil en long et profils en travers terrain/projet.

-la méthode moderne : elle passe par la création de modèles numériques de terrain (MNT) de l'état initial et de l'état final.

✓ Soit directement sur le chantier :

-La méthode empirique : elle est basée sur le comptage du nombre de camions et de la pesée de leur charge, en prenant compte du foisonnement des matériaux.



Où :

TN : terrain naturelle

SD : surface déblai

SR : surface remblai

IV- EXEMPLE D'APPLICATION

- la méthode de la moyenne des aires :

C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs (déblai et remblai).

La formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

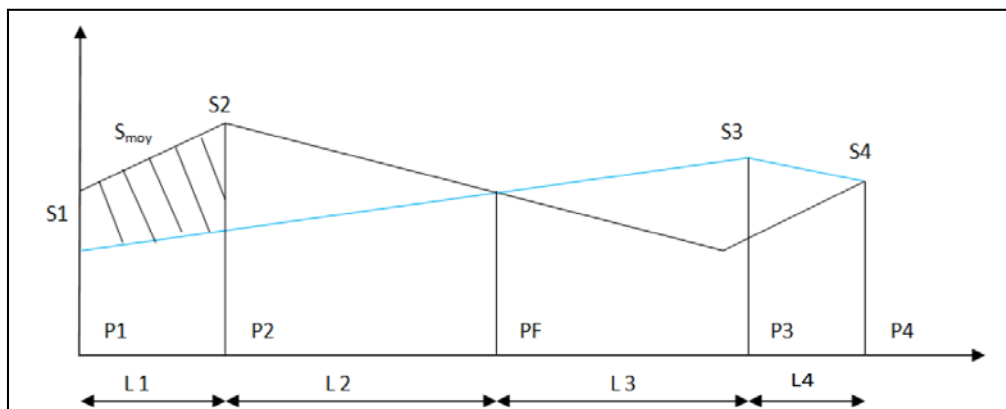
$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Où :

h : hauteur entre deux profils.

S₁ et S₂ : surfaces des deux profils en travers P₁ et P₂.

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



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

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long on simplifié la formule

$$S_{\text{moy}} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Donc les volumes seront :

- Entre P₁ et P₂ $\implies V_1 = (l_1/2) \times (S_1 + S_2).$

- Entre P₂ et P_F $\implies V_2 = (l_2/2) \times (S_2 + S_3).$

- Entre P_F et P₃ $\implies V_3 = (l_3/2) \times (S_3 + S_4).$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = (l_1/2) \times S_1 + (l_1 + l_2/2) \times S_2 + (l_2 + l_3/2) \times S_3 + (l_3/2) \times S_4$$

NB : Les résultats obtenus à l'aide du logiciel Autocad civil 3D sont joints en annexe cubature.

Chapitre IX

*IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT*

I- INTRODUCTION:

La notion d'environnement recouvre un ensemble de préoccupations interdépendantes relevant notamment de la nature, des paysages de la qualité de vie, de la sociologie et de l'économie.

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser aux quelques effets provoqués par le chantier qui peuvent être de lourdes conséquences pour le milieu naturel comme pour le cadre de vie.

II- L'OBJECTIF DE L' ETUDE:

Une étude d'impact bien faite doit montrer comment le projet de la pénétrante autoroute est- ouest répond à :

- des besoins économiques et sociaux.
- Une préoccupation de la politique de protection de l'environnement (maintien de la diversité biologique, préservation des grands équilibres) qui conditionnent l'utilisation, la préservation et la transmission de ce patrimoine collectif.

III- CADRE JURIDIQUE:

D'après le décret n°90-78 du 27 février 1990, une telle étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie doit comprendre : une analyse détaillée du projet, de l'état initial du site et de son environnement, ainsi que pour 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.

IV- LES DIFFERENTS IMPACTS:

La réalisation ou la modernisation d'une infrastructure doit faire l'objet d'une étude d'impact.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore...), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

✓ Impacts hydrauliques:

Les infrastructures routières sont le plus souvent imperméables. Le dessous des routes modernes est damé est stabilisé par mélange de terre et de chaux et ciment, constituant une épaisse semelle presque aussi dure que du béton. La route et sa semelle interrompent donc l'infiltration de l'eau vers les nappes et parfois la circulation horizontale des eaux de ruissellement mais aussi de la nappe superficielle.

Les routes ont souvent fait l'objet de terrassements, accompagnés d'un drainage et de la création de fossés qui ont aussi modifié l'hydraulique naturelle ou antérieure des sites concernés, ainsi que les flux amont-aval. Les routes ont souvent exacerbé les inondations et sécheresses. Certaines routes ou la déforestation qu'elles ont imposées ou permises sont responsables de coulées de boues, d'effondrements ou de glissements de terrain.

Les franchissements de cours d'eau se calibraient autrefois sur la crue centennale, mais les pratiques agricoles et peut-être les changements climatiques ont exacerbé la fréquence et la gravité des crues auxquelles les routes et ponts ne résistent pas toujours.

✓ Faune, Et Flore :

En écologie, un biotope est un ensemble d'éléments caractérisant un milieu physico-chimique déterminé et uniforme qui héberge une flore et une faune spécifiques (la biocénose).

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un Biotope ou d'une zone écologique dès lors que l'équilibre de la flore et de la Faune est menacé.

Les zones sensibles sont de plus en plus délimitées et protégées par des classements réglementant les usages et les équipements réalisables à leur abord.

Les zones humides, marais et berges, constituent des biotopes riches en flore et en faune, d'intérêt élevé et en régression ; Ces zones sont biologiquement très riches.

De plus elles contribuent à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

L'étude portera aussi sur les couloirs de migration des animaux ; Cet aspect sera étudié tant en ce qui concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour maintenir ces migrations qu'en terme de sécurité pour les usagers de la route.

✓ L'air :

La pollution de l'aire est temporaire due essentiellement aux différents polluants des engins de chantier et des émissions de poussière.

Une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière. Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques tels que : Co, Pb., il s'agit d'un impact permanent.

✓ Le Bruit :

Le bruit essentiellement au niveau sonore, ce niveau à un moment donné est insuffisant pour rendre compte de la nuisance sonore à laquelle peuvent être soumis les riverains d'une infrastructure de transport. Le bruit routier provient du bruit des moteurs et de roulement.

Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour la vitesse des PL. Deux facteurs sont bien évidemment à l'origine de ce bruit: le revêtement routier et le pneumatique. Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit: particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie.

Les préventions à prendre dans un projet routier pour lutter contre le bruit sont :

- Réduction de la vitesse.
- Implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- Construction des buttes de terre, des murs antibruit.

✓ La Destruction :

La destruction d'un nombre de clôtures d'établissements qui gênent le passage de la route.

Ainsi que les citoyens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme(P.D.A.U).

✓ La Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- Implanter des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

✓ **Impacts environnementaux des échangeurs:**

Par rapport au rond-point, les échangeurs augmentent fortement l'emprise au sol et la consommation d'espace (cultivable, habité ou supports d'habitats naturels).

Par ailleurs, les échangeurs encouragent et facilitent la vitesse et donc la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre.

Sur les voies très circulantes, le gain de carburant permis par le moindre besoin de freiner et redémarrer (comparativement au rond-point ou plus encore au carrefour à feux), est pour partie perdu par la longueur supplémentaire des bretelles, la décélération dans les courbes et la forte accélération souvent nécessaire pour l'insertion dans la circulation des voies principales.

La nature et l'ampleur des impacts environnementaux dépendent du contexte naturel et humain, mais aussi du type d'échangeurs autoroutiers.

V- CONCLUSION:

Cette phase est considérée comme la réponse provisoire aux préoccupations de l'environnement sensible que traverse le projet.

L'infrastructure génère un nombre d'impacts sur les composantes de l'environnement. Ces conséquences sont réduites ou compensées par un ensemble de mesures et dispositions contractualisant du projet.

Chapitre X

*SIGNALISATION ET
EQUIPEMENTS*



CONCLUSION

Conclusion

L' autoroute Est-Ouest Constitue la partie centrale de l'unité maghrébine qui relie les frontières tunisiennes aux frontières marocaines avec une linéarité de 1216 km en 2x3 voies. Cet aussi grand projet doit être utilisé à l'optimum et assumer l'objectif pour lequel il a été construit.

Afin de profiter à la wilaya de Tizi-Ouzou et apporter une solution à l'insuffisance de son réseau routier, une pénétrante Nord-Sud vers BOUIRA a été projetée.

Notre étude s'inscrit dans ce sillage, ou on a étudié un tronçon de 3.200 km sis à DRAA EL MIZANE

Ayant comme donnée de base le trafic dimensionnant issu de la projection à l'année de mise en service des enregistrements établis par la CTTP en 2007, on a aboutie à un profil type en (2 x 3) voies ; compte tenu du niveau de service qu'offrira une vitesse de 120 km/h en terme de fluidité, le projet est réalisé en (2 x 2) voies avec un TPC de 9 m pour un élargissement futur .

Dans notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour faire face aux contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle en complémentarité avec les théories et les techniques acquises durant notre cycle de formation à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **C.T.T.P** (Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- **I.C.T.A.V.R.U** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines).
- **I.C.T.A.V.R.I** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides interurbaines).
- Cours de routes première année master I UMMTO.
- Recommandation pour l'assainissement routier (SETRA).
- Le manuel d'essais et le manuel de projet de routes de l'auteur - Kalli Fatima-Zohra. « office des publication universitaires 3/2012 »
- Guide des terrassements routiers (GTR SETRA-LCPC).
- **ARP** aménagement des routes principales (recommandations techniques (**août-1994**))
- RPA99/version 2003
- Sites internet : WWW.SETRA.COM
WWW.AUTODESK.COM



LES ANNEXES

Rapport sur les volumes

Axe: AXE PRINCIPAL

Groupe de tabulations: Cubature

Abscisse curviligne de départ: 3+050.000

Abscisse curviligne de fin: 6+150.000

<u>Abscisse</u>	<u>Surface de déblai (m2)</u>	<u>Volume de déblai (m3)</u>	<u>Surface de remblai (m2)</u>	<u>Volume de remblai (m3)</u>	<u>Vol. déblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. remblai Cum. (m3)</u>	<u>Vol. Net Cum. (m3)</u>
3+050.000	228.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+100.000	0.30	5725.89	50.95	1273.70	5725.89	1273.70	4452.18
3+150.000	0.00	7.56	267.69	7966.01	5733.45	9239.71	-3506.27
3+200.000	0.00	0.00	308.99	14402.65	5733.45	23642.37	-17908.92
3+250.000	0.00	0.00	174.47	12044.03	5733.45	35686.40	-29952.95
3+300.000	1.04	26.55	69.52	6048.36	5759.99	41734.76	-35974.77
3+350.000	17.56	473.25	22.35	2260.03	6233.24	43994.79	-37761.55
3+400.000	103.36	3056.38	0.99	571.29	9289.62	44566.08	-35276.46
3+450.000	170.50	6888.60	0.00	24.00	16178.22	44590.08	-28411.86
3+500.000	202.64	9354.59	0.00	0.00	25532.81	44590.08	-19057.27
3+550.000	190.14	9831.23	0.00	0.00	35364.04	44590.08	-9226.04
3+600.000	150.15	8506.97	0.00	0.00	43871.01	44590.08	-719.07
3+650.000	75.65	5636.59	0.00	0.00	49507.60	44590.08	4917.52
3+700.000	79.39	3880.00	0.00	0.00	53387.60	44590.08	8797.52
3+750.000	157.71	5962.81	0.00	0.00	59350.41	44590.09	14760.33
3+800.000	244.26	10099.20	0.00	0.00	69449.61	44590.09	24859.52
3+850.000	253.95	12494.50	0.00	0.00	81944.11	44590.09	37354.02
3+900.000	221.66	11914.28	0.00	0.00	93858.39	44590.09	49268.30
3+950.000	151.61	9347.45	0.00	0.00	103205.84	44590.09	58615.75
4+000.000	104.86	6426.23	0.00	0.00	109632.07	44590.09	65041.98
4+050.000	148.53	6351.70	0.00	0.00	115983.77	44590.09	71393.68
4+100.000	172.55	8044.51	0.00	0.00	124028.28	44590.09	79438.19
4+150.000	143.54	7915.81	0.00	0.00	131944.09	44590.09	87354.00
4+200.000	57.88	5043.24	0.00	0.00	136987.33	44590.09	92397.24
4+250.000	0.03	1450.78	34.09	852.03	138438.11	45442.12	92995.99
4+300.000	0.63	16.29	50.77	2124.55	138454.40	47566.68	90887.73
4+350.000	51.99	1315.34	4.46	1380.72	139769.74	48947.40	90822.34

4+400.000	152.86	5121.18	0.00	111.51	144890.92	49058.90	95832.02
4+450.000	241.50	9859.07	0.00	0.00	154750.00	49058.90	105691.09
4+500.000	311.32	13820.52	0.00	0.00	168570.52	49058.90	119511.62
4+550.000	312.85	15604.07	0.00	0.00	184174.59	49058.90	135115.69
4+600.000	191.45	12607.48	0.00	0.00	196782.07	49058.90	147723.16
4+650.000	0.00	4786.34	127.58	3189.49	201568.41	52248.39	149320.02
4+700.000	0.00	0.00	351.54	11977.93	201568.41	64226.33	137342.08
4+750.000	0.00	0.00	330.56	17052.54	201568.41	81278.86	120289.55
4+800.000	0.00	0.00	165.63	12404.80	201568.41	93683.66	107884.75
4+850.000	19.28	479.59	70.51	5915.69	202048.00	99599.35	102448.65
4+900.000	24.91	1097.63	37.79	2721.86	203145.63	102321.21	100824.42
4+950.000	1.43	653.26	121.26	3996.59	203798.88	106317.79	97481.09
5+000.000	0.00	35.37	225.14	8693.84	203834.25	115011.63	88822.62
5+050.000	0.00	0.00	229.94	11408.55	203834.25	126420.17	77414.08
5+100.000	35.27	869.96	142.82	9361.77	204704.21	135781.94	68922.27
5+150.000	287.99	8040.91	0.00	3604.67	212745.12	139386.61	73358.50
5+200.000	240.78	13168.60	0.00	0.00	225913.72	139386.61	86527.10
5+250.000	196.01	10880.19	0.00	0.00	236793.90	139386.61	97407.29
5+300.000	43.10	5946.09	2.79	70.98	242739.99	139457.60	103282.39
5+350.000	0.77	1083.27	65.93	1731.23	243823.26	141188.83	102634.43
5+400.000	0.00	18.80	136.29	5085.05	243842.06	146273.88	97568.18
5+450.000	0.00	0.00	178.24	7896.00	243842.06	154169.88	89672.18
5+500.000	0.00	0.00	213.61	9837.35	243842.06	164007.23	79834.83
5+550.000	0.00	0.00	193.79	10242.78	243842.06	174250.01	69592.05
5+600.000	1.80	44.04	103.55	7490.34	243886.10	181740.35	62145.75
5+650.000	11.69	330.59	140.67	6165.06	244216.69	187905.41	56311.29
5+700.000	50.93	1553.84	12.03	3853.19	245770.53	191758.60	54011.93
5+750.000	33.07	2096.64	28.59	1014.24	247867.17	192772.84	55094.33
5+800.000	263.63	7417.35	0.00	714.71	255284.52	193487.55	61796.98
5+850.000	540.12	20093.61	0.00	0.00	275378.13	193487.55	81890.59
5+900.000	706.16	31156.97	0.00	0.00	306535.11	193487.55	113047.56
5+950.000	305.32	25287.07	0.00	0.00	331822.17	193487.55	138334.63
6+000.000	415.78	18027.46	0.00	0.00	349849.64	193487.55	156362.09
6+050.000	426.49	21056.65	0.00	0.00	370906.29	193487.55	177418.74
6+100.000	451.39	21946.83	0.00	0.00	392853.12	193487.55	199365.57
6+150.000	336.88	19706.67	0.00	0.00	412559.79	193487.55	219072.25

VOLUME CHAUSSEE

Couche de roulement "BB"				Couche de base "GB"			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume	Station	Area	Volume	Cumulative Volume
3+050.00	1.78	0.00	0.00	3+050.00	2.66	0.00	0.00
3+100.00	1.78	88.80	88.80	3+100.00	2.66	133.20	133.20
3+150.00	1.78	88.80	177.60	3+150.00	2.66	133.20	266.40
3+200.00	1.78	88.80	266.40	3+200.00	2.66	133.20	399.60
3+250.00	1.78	88.80	355.20	3+250.00	2.66	133.20	532.80
3+300.00	1.78	88.80	444.00	3+300.00	2.66	133.20	666.00
3+350.00	1.78	88.80	532.80	3+350.00	2.66	133.20	799.20
3+400.00	1.78	88.80	621.60	3+400.00	2.66	133.20	932.40
3+450.00	1.78	88.80	710.40	3+450.00	2.66	133.20	1065.60
3+500.00	1.78	88.80	799.20	3+500.00	2.66	133.20	1198.80
3+550.00	1.78	88.80	888.00	3+550.00	2.66	133.20	1332.00
3+600.00	1.78	88.80	976.80	3+600.00	2.66	133.20	1465.20
3+650.00	1.78	88.80	1065.60	3+650.00	2.66	133.20	1598.40
3+700.00	1.78	88.80	1154.40	3+700.00	2.66	133.20	1731.60
3+750.00	1.78	88.80	1243.20	3+750.00	2.66	133.20	1864.80
3+800.00	1.78	88.80	1332.00	3+800.00	2.66	133.20	1998.00
3+850.00	1.78	88.80	1420.80	3+850.00	2.66	133.20	2131.20
3+900.00	1.78	88.80	1509.60	3+900.00	2.66	133.20	2264.40
3+950.00	1.78	88.80	1598.40	3+950.00	2.66	133.20	2397.60
4+000.00	1.78	88.80	1687.20	4+000.00	2.66	133.20	2530.80
4+050.00	1.78	88.80	1776.00	4+050.00	2.66	133.20	2664.00
4+100.00	1.78	88.80	1864.80	4+100.00	2.66	133.20	2797.20
4+150.00	1.78	88.80	1953.60	4+150.00	2.66	133.20	2930.40
4+200.00	1.78	88.80	2042.40	4+200.00	2.66	133.20	3063.60
4+250.00	1.78	88.80	2131.20	4+250.00	2.66	133.20	3196.80
4+300.00	1.78	88.80	2220.00	4+300.00	2.66	133.20	3330.00
4+350.00	1.78	88.80	2308.80	4+350.00	2.66	133.20	3463.20
4+400.00	1.78	88.80	2397.60	4+400.00	2.66	133.20	3596.40
4+450.00	1.78	88.80	2486.40	4+450.00	2.66	133.20	3729.60
4+500.00	1.78	88.80	2575.20	4+500.00	2.66	133.20	3862.80
4+550.00	1.78	88.80	2664.00	4+550.00	2.66	133.20	3996.00
4+600.00	1.78	88.80	2752.80	4+600.00	2.66	133.20	4129.20
4+650.00	1.78	88.80	2841.60	4+650.00	2.66	133.20	4262.40
4+700.00	1.78	88.80	2930.40	4+700.00	2.66	133.20	4395.60
4+750.00	1.78	88.80	3019.20	4+750.00	2.66	133.20	4528.80
4+800.00	1.78	88.80	3108.00	4+800.00	2.66	133.20	4662.00
4+850.00	0.89	66.52	3174.52	4+850.00	1.33	99.78	4761.78
4+900.00	1.78	66.49	3241.01	4+900.00	2.66	99.74	4861.52

VOLUME CHAUSSEE

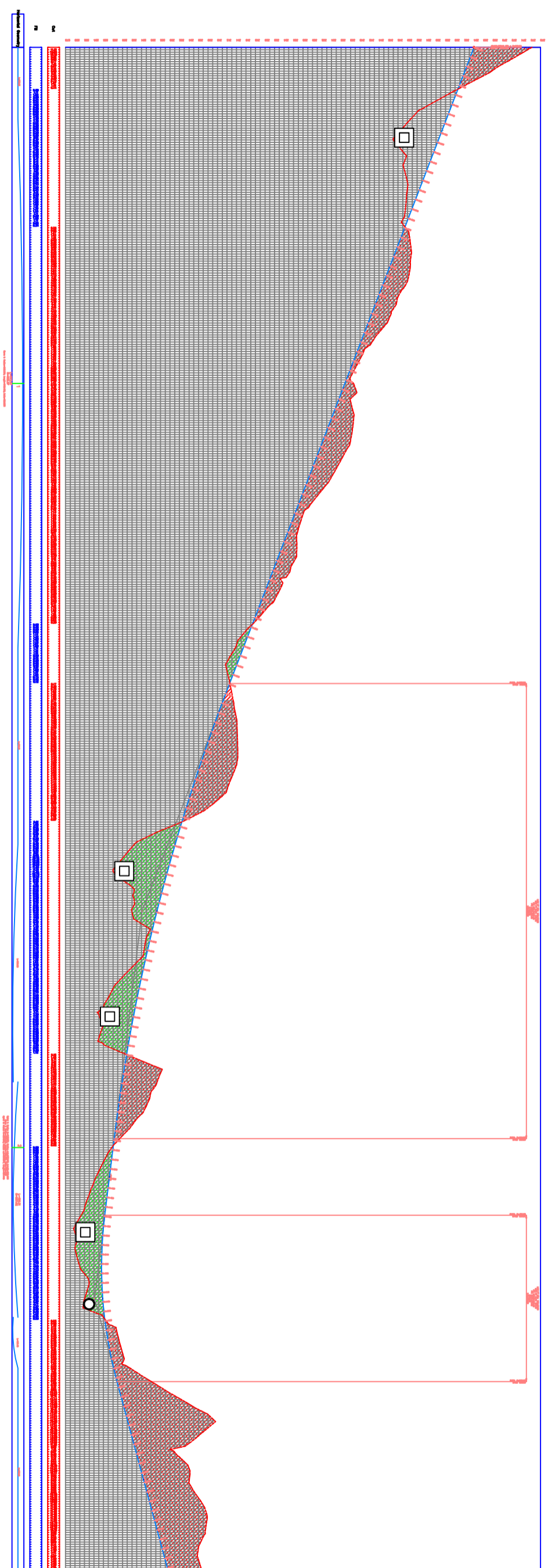
4+950.00	0.89	66.47	3307.48	4+950.00	1.33	99.70	4961.22
5+000.00	1.78	66.44	3373.92	5+000.00	2.66	99.66	5060.88
5+050.00	0.89	66.41	3440.34	5+050.00	1.33	99.62	5160.50
5+100.00	1.78	66.39	3506.72	5+100.00	2.66	99.58	5260.09
5+150.00	0.89	66.36	3573.08	5+150.00	1.33	99.54	5359.62
5+200.00	1.78	66.33	3639.42	5+200.00	2.66	99.50	5459.13
5+250.00	1.78	88.80	3728.22	5+250.00	2.66	133.20	5592.33
5+300.00	1.78	88.80	3817.02	5+300.00	2.66	133.20	5725.53
5+350.00	1.78	88.80	3905.82	5+350.00	2.66	133.20	5858.73
5+400.00	1.78	88.80	3994.62	5+400.00	2.66	133.20	5991.93
5+450.00	1.78	88.80	4083.42	5+450.00	2.66	133.20	6125.13
5+500.00	1.78	88.80	4172.22	5+500.00	2.66	133.20	6258.33
5+550.00	1.78	88.80	4261.02	5+550.00	2.66	133.20	6391.53
5+600.00	1.78	88.80	4349.82	5+600.00	2.66	133.20	6524.73
5+650.00	1.78	88.80	4438.62	5+650.00	2.66	133.20	6657.93
5+700.00	0.89	66.35	4504.97	5+700.00	1.33	99.53	6757.46
5+750.00	1.78	66.46	4571.44	5+750.00	2.66	99.70	6857.15
5+800.00	1.78	88.80	4660.24	5+800.00	2.66	133.20	6990.35
5+850.00	1.78	88.80	4749.04	5+850.00	2.66	133.20	7123.55
5+900.00	1.78	88.80	4837.84	5+900.00	2.66	133.20	7256.75
5+950.00	1.78	88.80	4926.64	5+950.00	2.66	133.20	7389.95
6+000.00	1.78	88.80	5015.44	6+000.00	2.66	133.20	7523.15
6+050.00	1.78	88.80	5104.24	6+050.00	2.66	133.20	7656.35
6+100.00	1.78	88.80	5193.04	6+100.00	2.66	133.20	7789.55
6+150.00	1.78	88.80	5281.84	6+150.00	2.66	133.20	7922.75
6+200.00	1.78	88.80	5370.64	6+200.00	2.66	133.20	8055.95

VOLUME CHAUSSEE

Couche de fondation "GB"				Couche de forme "TUF"			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume	Station	Area	Volume	Cumulative Volume
3+050.00	2.89	0.00	0.00	3+050.00	13.32	0.00	0.00
3+100.00	2.89	144.30	144.30	3+100.00	13.32	666.00	666.00
3+150.00	2.89	144.30	288.60	3+150.00	13.32	666.00	1332.00
3+200.00	2.89	144.30	432.90	3+200.00	13.32	666.00	1998.00
3+250.00	2.89	144.30	577.20	3+250.00	13.32	666.00	2664.00
3+300.00	2.89	144.30	721.50	3+300.00	13.32	666.00	3330.00
3+350.00	2.89	144.30	865.80	3+350.00	13.32	666.00	3996.00
3+400.00	2.89	144.30	1010.10	3+400.00	13.32	666.00	4662.00
3+450.00	2.89	144.30	1154.40	3+450.00	13.32	666.00	5328.00
3+500.00	2.89	144.30	1298.70	3+500.00	13.32	666.00	5994.00
3+550.00	2.89	144.30	1443.00	3+550.00	13.32	666.00	6660.00
3+600.00	2.89	144.30	1587.30	3+600.00	13.32	666.00	7326.00
3+650.00	2.89	144.30	1731.60	3+650.00	13.32	666.00	7992.00
3+700.00	2.89	144.30	1875.90	3+700.00	13.32	666.00	8658.00
3+750.00	2.89	144.30	2020.20	3+750.00	13.32	666.00	9324.00
3+800.00	2.89	144.30	2164.50	3+800.00	13.32	666.00	9990.00
3+850.00	2.89	144.30	2308.80	3+850.00	13.32	666.00	10656.00
3+900.00	2.89	144.30	2453.10	3+900.00	13.32	666.00	11322.00
3+950.00	2.89	144.30	2597.40	3+950.00	13.32	666.00	11988.00
4+000.00	2.89	144.30	2741.70	4+000.00	13.32	666.00	12654.00
4+050.00	2.89	144.30	2886.00	4+050.00	13.32	666.00	13320.00
4+100.00	2.89	144.30	3030.30	4+100.00	13.32	666.00	13986.00
4+150.00	2.89	144.30	3174.60	4+150.00	13.32	666.00	14652.00
4+200.00	2.89	144.30	3318.90	4+200.00	13.32	666.00	15318.00
4+250.00	2.89	144.30	3463.20	4+250.00	13.32	666.00	15984.00
4+300.00	2.89	144.30	3607.50	4+300.00	13.32	666.00	16650.00
4+350.00	2.89	144.30	3751.80	4+350.00	13.32	666.00	17316.00
4+400.00	2.89	144.30	3896.10	4+400.00	13.32	666.00	17982.00
4+450.00	2.89	144.30	4040.40	4+450.00	13.32	666.00	18648.00
4+500.00	2.89	144.30	4184.70	4+500.00	13.32	666.00	19314.00
4+550.00	2.89	144.30	4329.00	4+550.00	13.32	666.00	19980.00
4+600.00	2.89	144.30	4473.30	4+600.00	13.32	666.00	20646.00
4+650.00	2.89	144.30	4617.60	4+650.00	13.32	666.00	21312.00
4+700.00	2.89	144.30	4761.90	4+700.00	13.32	666.00	21978.00
4+750.00	2.89	144.30	4906.20	4+750.00	13.32	666.00	22644.00
4+800.00	2.89	144.30	5050.50	4+800.00	13.32	666.00	23310.00
4+850.00	1.44	108.10	5158.60	4+850.00	6.66	498.91	23808.91
4+900.00	2.89	108.05	5266.65	4+900.00	13.32	498.71	24307.61

VOLUME CHAUSSEE

4+950.00	1.44	108.01	5374.66	4+950.00	6.66	498.50	24806.11
5+000.00	2.89	107.97	5482.62	5+000.00	13.32	498.30	25304.41
5+050.00	1.44	107.92	5590.55	5+050.00	6.66	498.11	25802.52
5+100.00	2.89	107.88	5698.43	5+100.00	13.32	497.91	26300.43
5+150.00	1.44	107.83	5806.26	5+150.00	6.66	497.69	26798.12
5+200.00	2.89	107.79	5914.05	5+200.00	13.32	497.51	27295.63
5+250.00	2.89	144.30	6058.35	5+250.00	13.32	666.00	27961.63
5+300.00	2.89	144.30	6202.65	5+300.00	13.32	666.00	28627.63
5+350.00	2.89	144.30	6346.95	5+350.00	13.32	666.00	29293.63
5+400.00	2.89	144.30	6491.25	5+400.00	13.32	666.00	29959.63
5+450.00	2.89	144.30	6635.55	5+450.00	13.32	666.00	30625.63
5+500.00	2.89	144.30	6779.85	5+500.00	13.32	666.00	31291.63
5+550.00	2.89	144.30	6924.15	5+550.00	13.32	666.00	31957.63
5+600.00	2.89	144.30	7068.45	5+600.00	13.32	666.00	32623.63
5+650.00	2.89	144.30	7212.75	5+650.00	13.32	666.00	33289.63
5+700.00	1.44	107.82	7320.58	5+700.00	6.66	497.65	33787.28
5+750.00	2.89	108.01	7428.58	5+750.00	13.32	498.48	34285.76
5+800.00	2.89	144.30	7572.88	5+800.00	13.32	666.00	34951.76
5+850.00	2.89	144.30	7717.18	5+850.00	13.32	666.00	35617.76
5+900.00	2.89	144.30	7861.48	5+900.00	13.32	666.00	36283.76
5+950.00	2.89	144.30	8005.78	5+950.00	13.32	666.00	36949.76
6+000.00	2.89	144.30	8150.08	6+000.00	13.32	666.00	37615.76
6+050.00	2.89	144.30	8294.38	6+050.00	13.32	666.00	38281.76
6+100.00	2.89	144.30	8438.68	6+100.00	13.32	666.00	38947.76
6+150.00	2.89	144.30	8582.98	6+150.00	13.32	666.00	39613.76
6+200.00	2.89	144.30	8727.28	6+200.00	13.32	666.00	40279.76



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
 MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE
 TIZI-OUZOU

ETUDE EN AMBIEU A PARTIR D'UN PLAN DE TIZI-OUZOU VERS
 L'ATTOUR (TIZI-OUZOU)
 TRAMONON SUR 2200 KM
 AVEC COTE ECTION PUN REANGERE

AVANT PROJET DETAILLE (APD)

N° PLAN : 01
 SCHEMATA :
 DATE: JANVIER 2011

TRACÉ EN PLAN ET PROFIL
 EN LONG

ELABORE PAR :
 AMROUCHE OULAD
 AMANE LILA

UMMTO