

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou

Faculté de Génie de la Construction

Département de Génie Civil

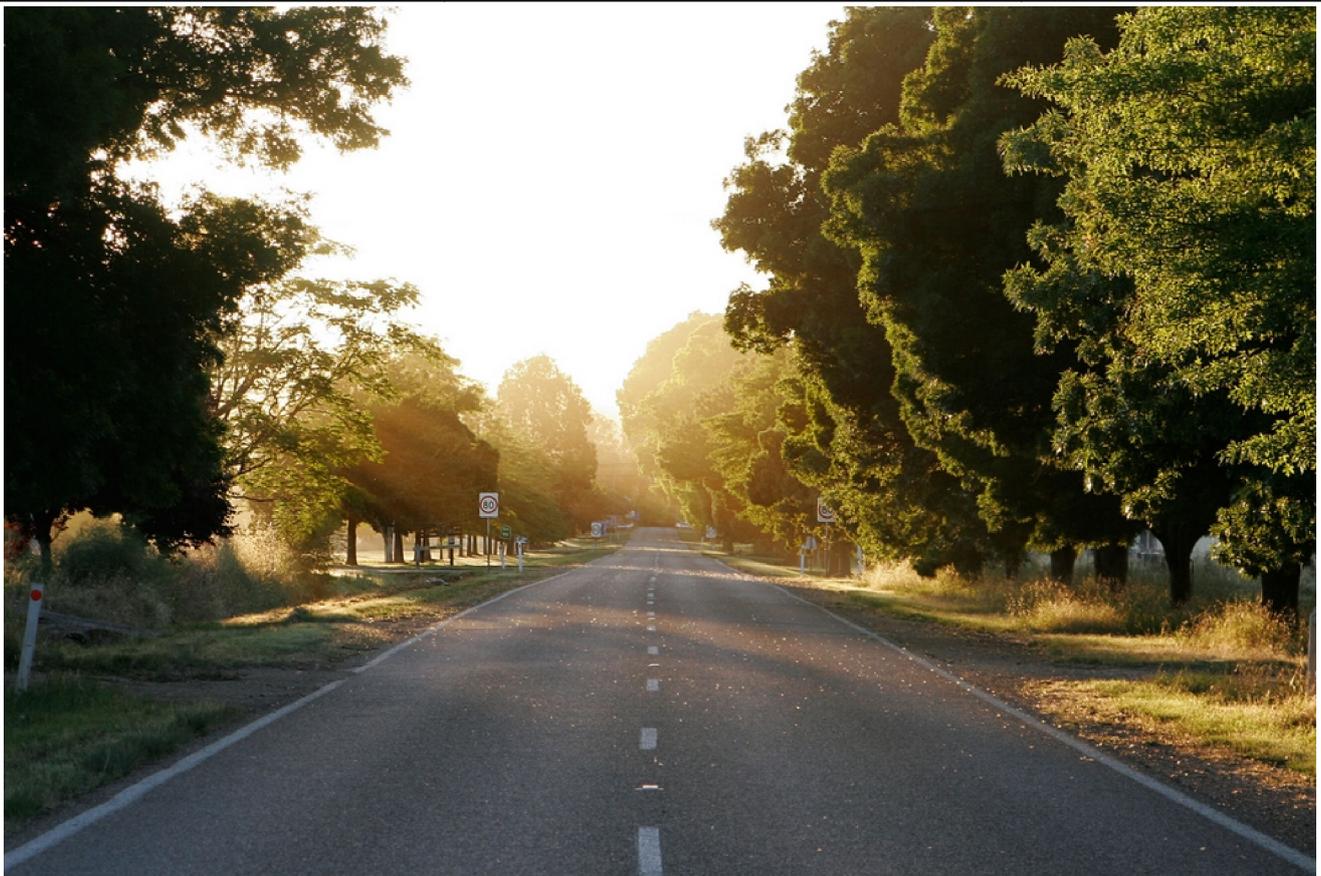


Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master en génie civil.
Option : Voies et Ouvrages d'Art (V.O.A).

THÈME

Etude De la déviation de la ville d'Ouadhia sur 6.04km
« Phase APD »



Etudié par :

➤ Mr : BOUGHRARA NABIL

Encadré par :

➤ Mr. DEHMOUS HOCINE

Promotion 2013/2014

Remerciement

Louange à Dieu (que son Nom soit glorifié) qui m'a guidé, et sans lui je n'aurais jamais été sur la bonne voie.

*Je remercie mes très chers parents pour leurs soutiens et leurs
patiences.*

*J'exprime toute ma gratitude à Mr DAHMOUSSE HOCINE
pour son encadrement, son aide, sa confiance, et son soutien
incessant durant mon projet.*

*Je tiens également à remercier l'ensemble des enseignants de
DEPARTEMENT de GENIS CIVIL pour toutes les
informations qu'ils m'ont prodigué durant le cycle de ma
formation.*

*Je remercie aussi les membres de jury qui me font l'honneur de
présider et d'examiner ce travail.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation
de ce projet de fin d'étude.*

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I).1 Introduction	01
I).2 Présentation du projet	01
I).3 Objectif de l'étude	01

CHAPITRE II : ETUDE APS

II).1 Corps de chaussée	04
II).2 Elaboration de la variante	04
II).2.1: Introduction	04
II).2.2: Variante 01	04
II).2.3: Variante 02	05
II).2.4: Choix de la variante	07

CHAPITRE III : ETUDE DU TRAFIC

III).1 Introduction	09
III).2 Analyse du trafic	09
III).3 Différents types de trafics	09
III).4 Modèles de présentation du trafic	10
III).5 Calcul de la capacité	11
III).5.1: Définition de la capacité	11
III).5.2: La relation entre la vitesse et le débit	11
III).5.3: Niveau du service	12
III).5.4: La procédure de détermination du nombre de voies	13
III).5.5: Débit de pointe horaire normale	14
III).5.6: Débit horaire admissible	14
III).5.7: Calcul du nombre de voies	15
III).5.8: Application au projet	16

CHAPITRE IV : APERCU GEOTECHNIQUE

IV).1 Introduction	19
IV).2 Réglementation algérienne en géotechnique	19
IV).3 Les différents essais au laboratoire	19
IV).4 Les essais d'identification	20
IV).5 Condition d'utilisation des sols en remblai	23
IV).6 Conclusion	23

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

V).1 Introduction	24
V).2 Tracé en plan	24
V).2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan	24
V).2.2 Les éléments du tracé en plan	24
V).2.3 Combinaison des éléments du tracé en plan	33
V).2.4 Paramètres fondamentaux	34
V).2.5 Application à notre projet	34
V).3 Profil en long	39
V).3.1 Règles à respecter dans le tracé du profil en long	39
V).3.2 Coordination du tracé en plan et du profil en long	39
V).3.3 Définition d'une déclivité	40
V).3.4 Application au projet	43
V).4 Profil en travers	44
V).4.1 Les éléments constitutifs du profil en travers	44
V).4.2 Classification du profil en travers	45
V).4.3 Application au projet	45
V).5 Conclusion	46

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VI).1 Introduction	47
VI).2 Facteurs considérés dans le dimensionnement	47
VI).3 La chaussée	47

VI).3.1	Définition	47
VI).3.2	Les différents types de chaussées	47
VI).3.3	Chaussée souple	48
VI).3.4	Chaussée semi-rigide	50
VI).3.5	Chaussée rigide	50
VI).4	Méthodes de dimensionnement des chaussées	51
VI).4.1	Méthode C.B.R (California-Bearing-Ratio)	51
VI).4.2	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	53
VI).4.3	L'utilisation du catalogue	54
VI).4.4	La démarche du catalogue	54
VI).5	Application au projet	54
VI).5.1	Méthode CBR : (Méthode empirique)	55
VI).5.2	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	56
VI).5.3	Mode de fonctionnement pour le type de structure	59
VI).5.4	Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)	59
VI).5.5	Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z, adm}$)	60
VI).5.6	Calcul de la déformation admissible de traction ($\epsilon_{z,amd}$) à la base des couches bitumineuses	61
VI).6	Conclusion	65

CHAPITRE VII : CARREFOURS

VII).1	Étymologie	66
VII).2	Définition	66
VII).3	Les différents types des carrefours	66
VII).4	Données utiles à l'aménagement d'un carrefour	67
VII).5	Principes généraux d'aménagement d'un carrefour	67
VII).6	La Visibilité	67
VII).7	Triangle de visibilité	68
VII).8	Géométrie des composantes du giratoire	68

VII).9 Les différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie en fonction de rayon de giratoire	69
VII).10 Description des carrefours de notre projet	70

CHAPITRE VIII : CUBATURE

VIII).1 Introduction	76
VIII).2 Définition	76
VIII).3 Méthode de calcul des cubatures	76
VIII).3.1 Formule de SARRAUS	77
VIII).3.2 Méthode linéaire	78
VIII).3.3 Méthode de GULDEN	79
VIII).4 Application au projet (Cubatures de terrassement)	79

CHAPITRE IX : HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

IX).1 Introduction	80
IX).2 Objectif de l'assainissement	80
IX).3 Définition des termes hydrauliques	81
IX).4 Assainissement de la chaussée	82
IX).5 Etude hydrologique	83
IX).6 Dimensionnement de Réseau d'assainissement à projeter	84
IX).7 Application au projet	88
IX).8 Dimensionnement et calage des ouvrages	90
IX).8.1 Dimensionnement des fossés	91
IX).8.2 Estimation du débit d'apport des chaussées	91
IX).8.3 Pour la chaussée	92
IX).8.4 Pour l'accotement	93
IX).8.5 Pour le talus	94
IX).8.6 Dimensionnement des fossés	96
IX).8.7 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques	97
IX).9 Conclusion	100

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X).1 Introduction	101
X).2 Identification des impacts	101
X).3 Les impacts du projet	101
X).3.1 Les impacts positifs	101
X).3.2 Les impacts négatifs	102

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS

XI).1: Signalisation	104
XI).1.1: Introduction	104
XI).1.2: Objectifs de signalisation routière	104
XI).1.3: Types de signalisation	104
XI).1.4: Les critères de choix de la signalisation	106
XI).1.5: Application au projet	106
XI).2: Equipements de la route	110
XI).2.1: Sécurité	110
XI).2.2: Eclairage	111

CONCLUSION GENERALE

Introduction générale

Introduction générale

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

La croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation de ses infrastructures routières qui sont les préoccupations dominantes des responsables du domaine des travaux publics. Prenant conscience du problème de la saturation, ils ont tendus progressivement à des techniques de réalisation nouvelles qui peuvent faciliter la circulation et amortir l'augmentation du trafic.

En effet, le réseau routier vers OUADHIA souffre de l'insuffisance, pour contenir la forte demande en transport compte tenu de l'évolution actuel et des prévisions futures. Cela est dû au fait que :

- Il est l'héritage de la période coloniale au profit de laquelle il a été conçu,
- Il n'arrive plus à contenir tous les mouvements nés de l'activité économique récente.

Notre étude s'inscrit dans ce contexte, en effet, elle traite le projet de la déviation de la RN30 qui traverse la ville d'OUADHIA et ses agglomérations, sur un linéaire de 6 KM.

Cette nouvelle infrastructure devra permettre en premier lieu de diminuer la charge sur la route et de donner une dynamique à l'économie régionale.

Au cours de ce travail, on est appelé à appliquer et compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation et se mettre face aux problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers.

I).1 Introduction :

A la fin de 1999, seul 16 % du réseau routier se trouvait en bon état, conscient que le développement de la Wilaya passe par le développement de ses infrastructures de base, les programmes d’investissements publics lancés durant cette période avaient pour principaux objectifs :

De répondre à une forte demande de la société concernant l’amélioration de la sécurité routière, par des actions d’aménagement des routes existantes ainsi que par la réalisation de nouvelles routes.

De réaliser des contournements de la commune d’OUADHIA et de certaines grandes agglomérations.

D’assurer un entretien adéquat, élément décisif pour la pérennité du réseau routier et du maintien d’un bon niveau de service pour les usagers.

I).2 Présentation du projet :

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 déviation de la RN30 qui traverse la ville de OUADHIA et ses agglomérations. La commune d’OUADHIA se situe au sud de la wilaya de Tizi Ouzou

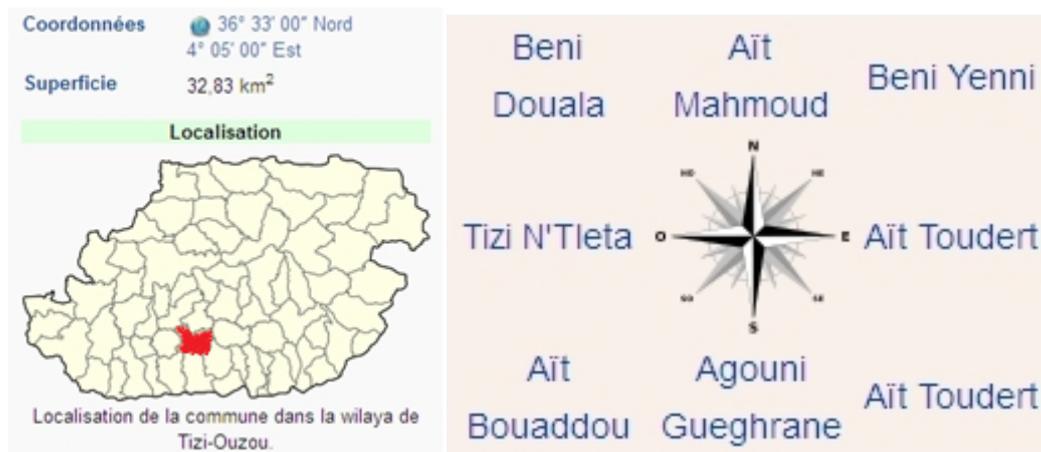


Figure I. 1 : Commune limitrophes d’Ouadhia.

La topographie du site est caractérisée par un relief vallonné qui se trouve entre les montagnes IGHIL BOU HARMA (509 m), et d’OUMALOU KARROU (598 m) au nord et d’AKERROU TIGUEZIRINE (551 m) au sud.

L'altitude de site varie entre 300 à 600 m. Notre travail consiste à étudier cette déviation, en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publics de la wilaya de Tizi-Ouzou (DTP).

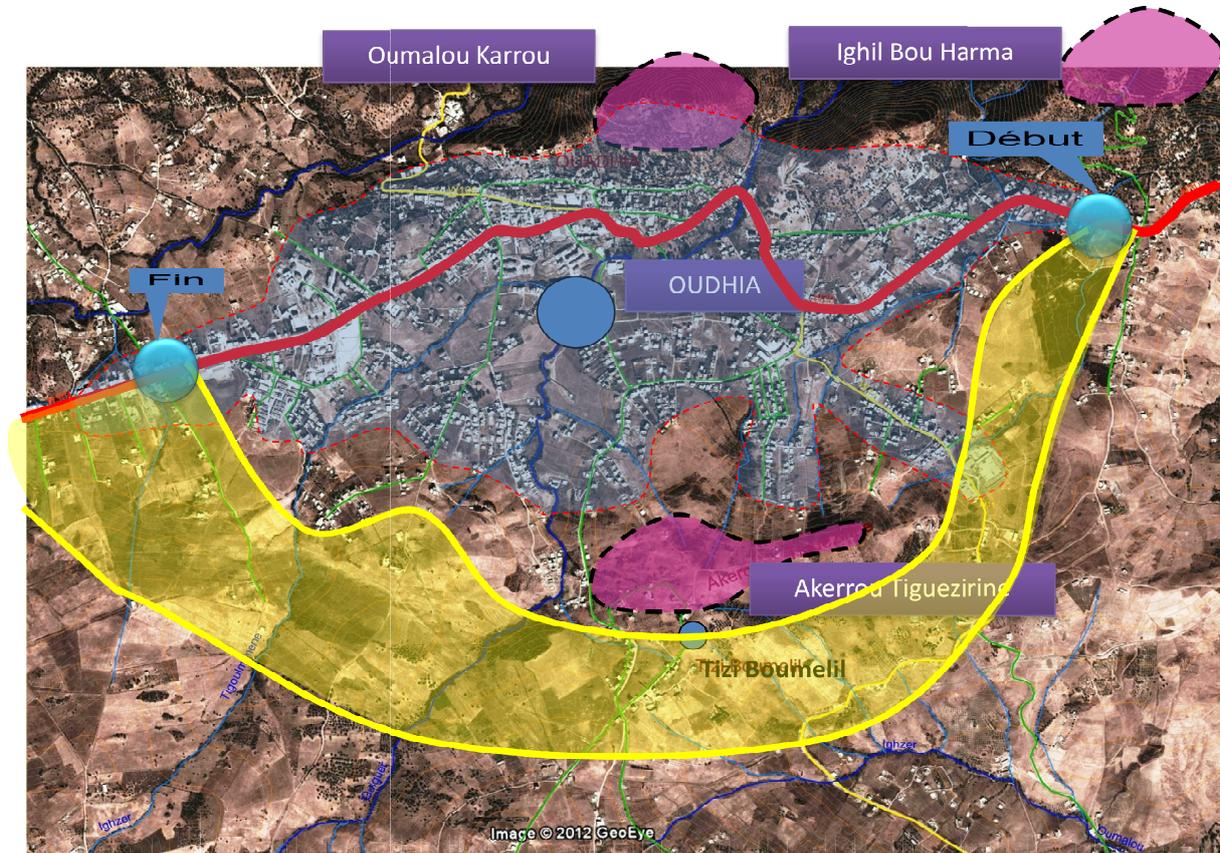


Figure I. 2 : Couloir du projet d'étude.

I).3 Objectif de l'étude :

Le projet d'étude de la déviation de la RN30 s'inscrit dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de base de la Wilaya de TIZI-OUZOU. Les objets fixés par cette étude sont :

- Assure une fluidité de la circulation et de sécuriser les voyageurs sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Améliorer le niveau de service de la route.
- Augmenter la capacité de la route.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et future.



Figure I. 3 : Carte d'état-major de la ville d'Ouadhia.

II).1 Corps de chaussée :

Le dimensionnement du corps de chaussée est déterminé à partir des structures types du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, qui se base principalement sur l'intensité du trafic poids lourd équivalent à l'essieu 13 t et la portance du sol support obtenue à partir des essais de laboratoire.

II).2 Elaboration de la variante :**II).2.1: Introduction :**

Lors d'une étude en avant-projet sommaire (A P S), on se propose d'étudier le tracé de deux variantes, qui prennent naissance au niveau de la rentrée de la ville d'Ouadhia jusqu'à sa sortie.

Plusieurs variantes sont faisables dont le linéaire peut varier du simple au double, donc nous avons projeté deux variantes qui s'avèrent plus raisonnables techniquement et économiquement. Reste qu'ils existent plusieurs possibilités de raccordement en amont et en aval mais le couloir est toujours le même. Le couloir possible est en évitant la ville au Sud.

II).2.2: Variante 01 :

- Début de la variante au niveau de l'entrée Est de la ville.
- Et la Fin au niveau de l'entrée Ouest de la ville - intersection avec chemin communal.
- Linéaire Total = 5+100 km (l'existante est de 4+300 km).
- Cette variante est caractérisée par des changements des pentes et d'altitude (de 390m – 500 m).

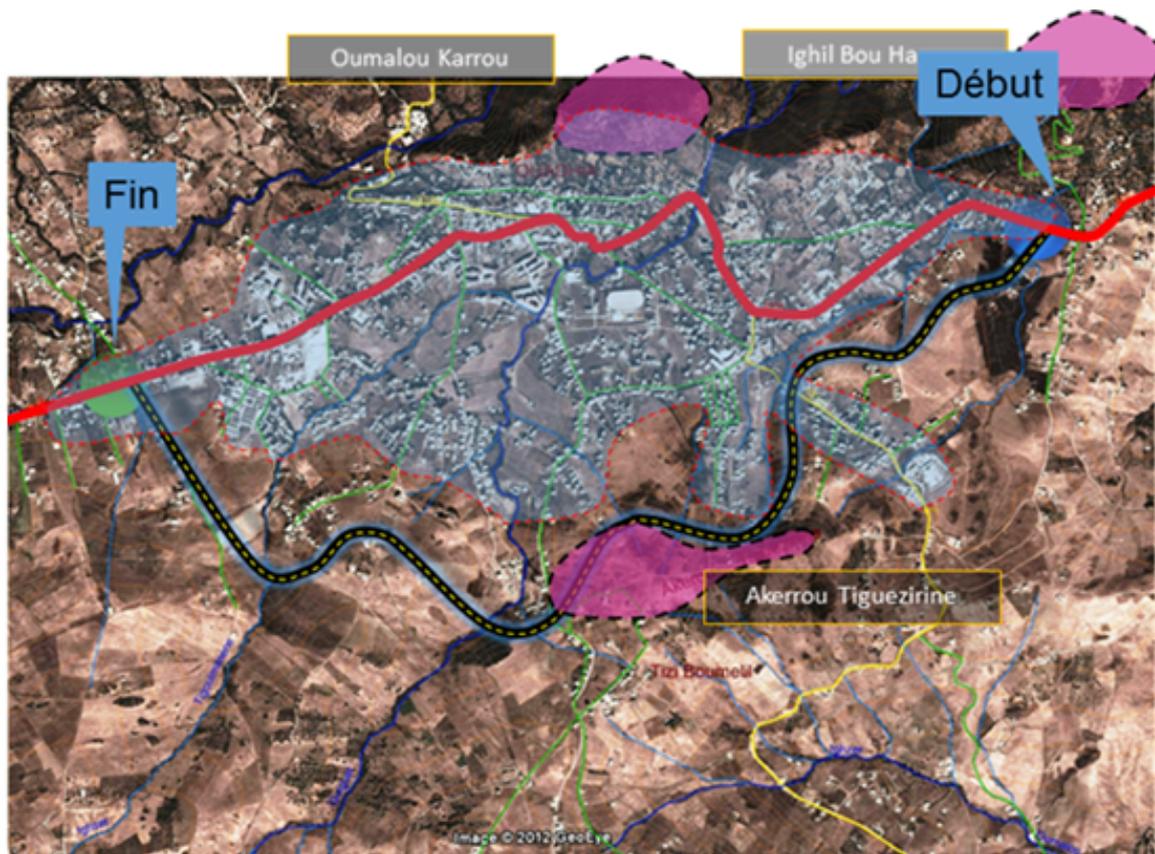


Figure II. 1 : Tracé de la variante « I ».

➤ **Particularité :**

- Tracé neuf sur toute la route.
- Passage sur le côté sud de la ville.
- Longueur de la route est de 5 km environs.
- La chaussée est(2 × 1) voies sur toute la longueur du tracé.

➤ **Inconvénients :**

- Elle passe sur une partie des terrains agricoles.
- Elle passe au près d'une ville alors elle peut poser des problèmes (bruis sonore) pour les habitants.
- Elle touche une partie de l'urbanisme de la ville.

II).2.3: Variante 02 :

- Début de la variante au niveau de l'entrée Est de la ville.
- Et la Fin au niveau de l'entrée Ouest de la ville - intersection avec chemin communal.
- Linéaire Total = 5+900 km (l'existante est de 4+300 km).
- Cette variante s'insère dans un relief plus moins vallonné et change d'altitude (de 390m – 490 m) mais progressivement.

➤ **Particularité :**

- Nouveau tracé jusqu'à la sortie de la ville.
- Rapprochement de la ville de Tizi Boumelil.
- Longueur de cette variante et plus grande que la 1^{ère} variante.
- Tracé avec trois tronçons différents.

➤ **Inconvénient :**

- Elle va poser un problème d'économique lors de la réalisation de la route sur les terrains agricoles qui se situe au sud de la ville de Tizi Boumelil.

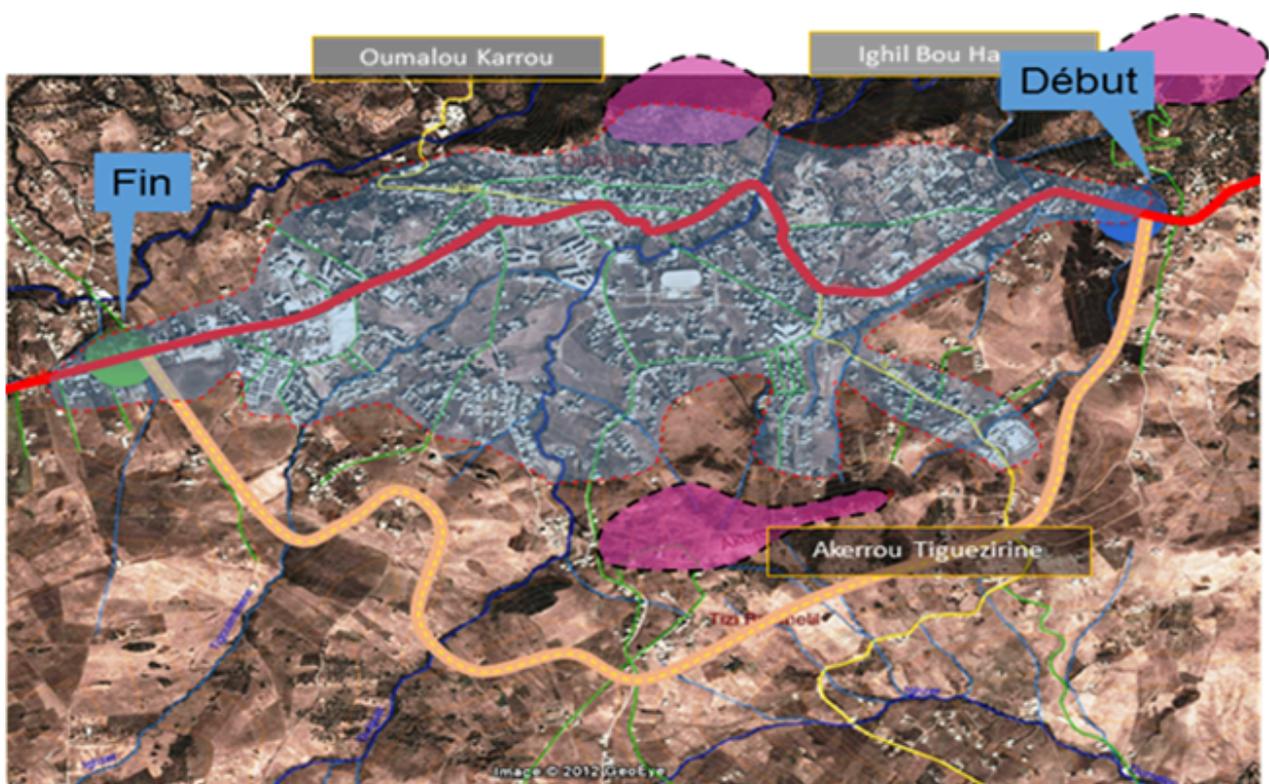


Figure II. 2 : Tracé de la variante « II ».

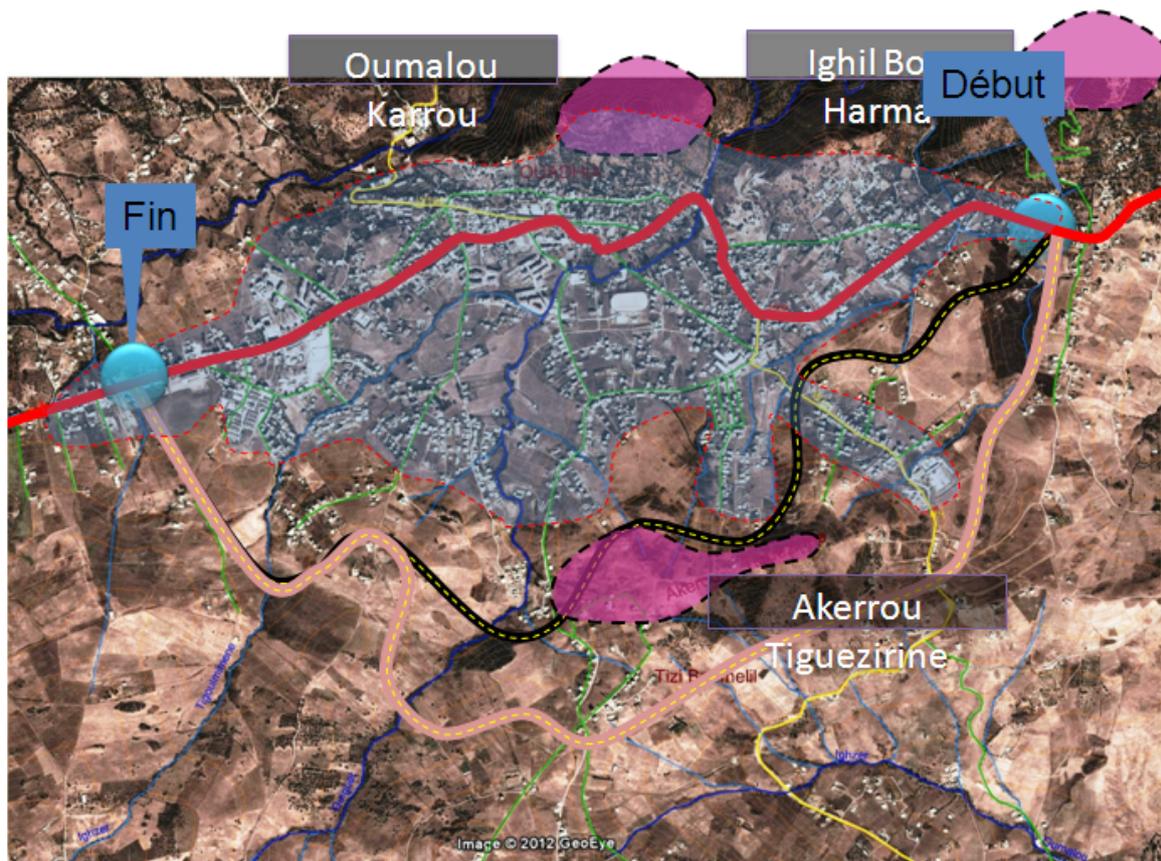


Figure II. 3 : Exposé des deux variantes.

II).2.4: Choix de la variante :

Quand on compare les deux variantes on constate que la variante 02 est le meilleur choix parce que :

- Ça nous évite des travaux supplémentaires sur le tronçon qui pénètre ou affleure une partie de la ville de PK 1+000 au PK 3+000.
- La variante choisie évite la ville, elle se rapproche de la ville de Tizi Boumelil

Tant dis que la 1^{er} variante nous posent beaucoup de problèmes :

- ✓ De terrassements excessifs ; déblais et remblais importants
- ✓ Tracé qui traverse une partie de la ville ce qui engendre une suppression de terrain et des déplacements d'habitation.

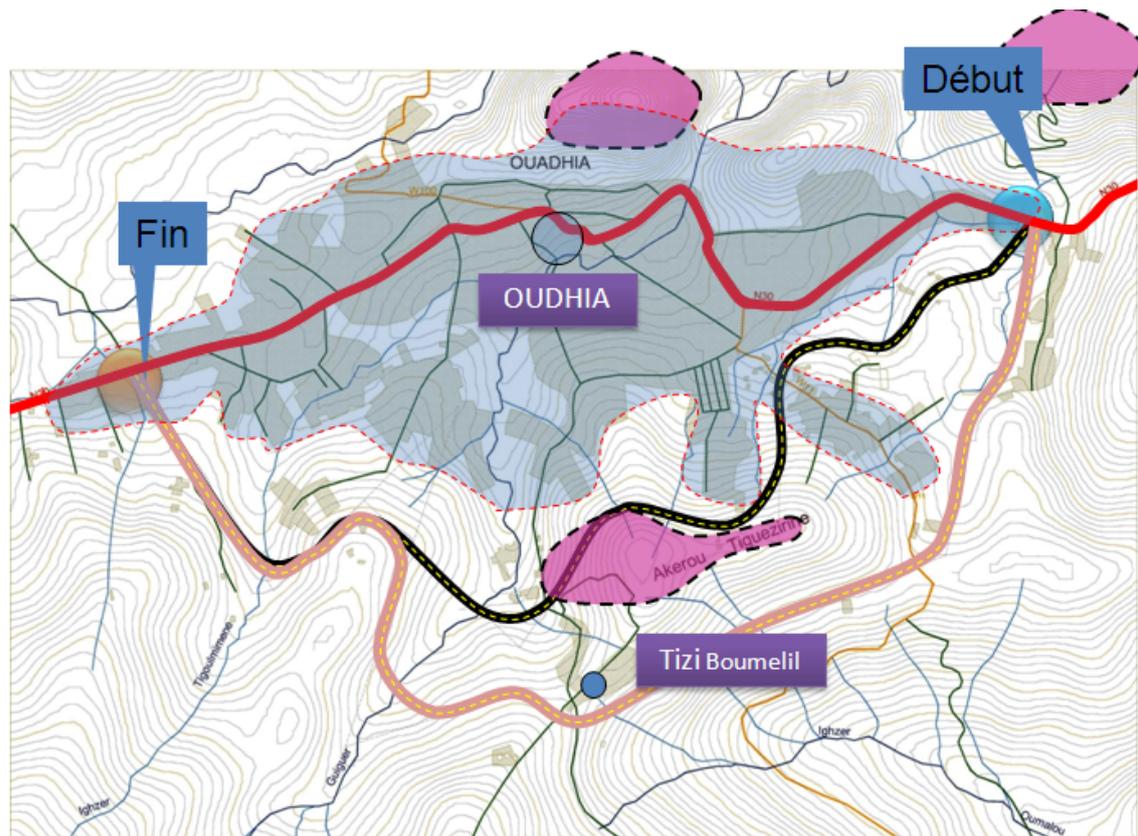


Figure II. 4 : Exposé des deux variantes et cadre urbain.

III).1 Introduction :

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagements ou d'exploitations routières, il est nécessaire de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, d'autant plus qu'il est indispensable de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, afin de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

La première étape de ce type d'étude est le recensement du trafic existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Dans le cas particulier de la route, l'étude de circulation s'appuiera essentiellement sur une étude de trafic. Cette étude permettra de définir le type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

III).2 Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à des comptages. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité de travaux projetés. Pour obtenir le trafic, on aboutit aux différentes analyses qui sont :

- ✓ Une statistique générale.
- ✓ Le comptage sur route (manuel ou automatique).
- ✓ Une enquête de circulation (origine, destination).

III).3 Différents types de trafics :

a-Trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

b-Trafic dévié : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

c-Trafic induit : C'est le trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres destinations.

d-Trafic total : Le trafic sur le nouvel aménagement qui est égal à la somme du trafic induit et du trafic dévie.

III).4 Modèles de présentation du 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.
- ✓ Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

a. 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 : $T_n = T_0 (1 + \tau)^n$

Ou : T_0 : est le trafic à l'arrivée pour origine.

τ : est le taux de croissance.

b. 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 de certains indicateurs macro-économiques d'une autre part :

- ✓ Produit national brut (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 du cadre de notre étude.

c. 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.

d. 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 son 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.

Remarque : Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

III).5 Calcul de la capacité :

III).5.1: Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire en trafic moyen journalier annuel (TMJA), qui n'est pas un chiffre absolu lié aux seules caractéristiques de la voie. Elle dépend également de la composition du trafic et de sa répartition dans le temps (journalière et saisonnière). De plus on ne passe pas brutalement d'une situation de circulation facile à une situation de blocage, mais par toute une série d'états intermédiaires.

La capacité dépend :

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

III).5.2: La relation entre la vitesse et le débit :

Il n'est possible d'établir une relation entre vitesse et débit, qu'en situation stable. Cet état n'existe que sur voie express ou sur autoroute.

Plusieurs études ont essayé de modéliser la relation entre ces deux données. Il est constaté ainsi qu'un débit faible correspondant à deux vitesses praticables très différentes : une élevée et l'autre faible. La concentration correspondante est alors inversement proportionnelle à la vitesse : plus la vitesse est élevée et plus la concentration est faible. La concentration au maximum de débit, proche de 2000 U.V.P/heure, est d'environ 30 véhicules par km et la vitesse moyenne de l'ordre de 60 km / h.

III).5.3: Niveau du service :

Dans chaque projet de route on doit déterminer deux conditions qui dépendent de :

- ✓ la catégorie.
- ✓ l'environnement.

a. Choix de catégorie de la route :

Les routes sont classées en cinq catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long.

Le choix de la catégorie résulte de l'importance économique de la route. On distingue :

- ✓ la catégorie C₁ : liaison entre deux grands centres économique et des centres d'industrie lourde.
- ✓ la catégorie C₂ : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.
- ✓ la catégorie C₃ : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.
- ✓ la catégorie C₄ : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.
- ✓ la catégorie C₅ : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Dans notre projet routier la catégorie de la route est C₂.

b. Environnement de la route :

L'environnement définit l'état actuel de la route il est caractérisé par deux indicateurs :

- ✓ La dénivelée cumulée moyenne.
- ✓ La sinuosité.

✚ La dénivelée cumulée moyenne :

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total **H** à la longueur total de l'itinéraire **L** (**H/L**) , permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

- $H / L < 1.5 \%$ terrain plat.
- $1.5\% < H/L < 4\%$ terrain vallonné.
- $H/L > 4\%$ terrain montagneux.

Dans notre projet on a : **H / L = 2.9 %**

Donc : **terrain vallonné.**

✚ Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur L_s sur le totale de l'itinéraire : $\sigma = \frac{L_s}{L}$

L : longueur total de l'itinéraire.

LS : longueur sinueuse des courbes dont **Ri < 200 m**

Dans notre cas on a trouvé que : **$\sigma = 0.2$**

Donc : **sinuosité moyenne**

Les trois types d'environnement E_i distingués résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Sinuosité \ Relief	FAIBLE ($\sigma < 0.1$)	MOYENNE ($0.1 < \sigma < 0.3$)	FORTE ($\sigma > 0.3$)
PLAT ($h/L < 1.5\%$)	E ₁	E ₂	—
VALLONNE ($1.5\% < h/L < 4\%$)	E ₂	E ₂	E ₃
MONTAGNE ($h/L > 4\%$)	—	E ₃	E ₃

Tableau III. 1 : Environnement « E_i ».

- On déduit du tableau que nous sommes dans un environnement **E2**.
- D'après le B40 (notre projet se situe dans le cas : E₂, C₂) donc la vitesse de base est égale à 60 km/h.

III).5.4: La procédure de détermination du nombre de voies :

Le choix de nombre de voies 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. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

✚ Calcul du (TJMA) horizon :

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

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

Avec : **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.

TJMAo : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

✚ Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation suivante :

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

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

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau III. 2 : Coefficient d'équivalence « P ».

III).5.5: Débit de pointe horaire normale :

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

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

Q : débit de pointe horaire en UVP/h

n_h : nombre d'heure, (en général n=8 heures).

T_{eff} : trafic effectif.

1/n_h = 0.12 en général : coefficient de pointe.

III).5.6: Débit horaire admissible :

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

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2. C_{\text{th}} \quad \text{En (uvp/h)}$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité théorique par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau III. 3 : Valeurs de K₁.

Environnement	V _B = 40 Km/h	V _B = 60 Km/h	V _B = 80 Km/h	V _B = 100 Km/h	V _B = 120 Km/h
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 III. 4 : Valeurs de K₂.

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

Tableau III. 5 : Valeurs de la capacité théorique C_{th}.

III).5.7: Calcul du nombre de voies :

✚ Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q :

$$Q \leq Q_{adm}$$

✚ Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :

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

$$n = S. Q/Q_{adm}$$

Avec :

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

III).5.8: Application au projet :**a. Données de trafics :**

Le trafic à l'année 2007 : $TJMA_{2007}=4880$ v/j

Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$

La vitesse de base sur le tracé : $V_B=60$ Km/h

Le pourcentage de poids lourds : $Z=15\%$

La durée de vie est estimée : **20ans**

Catégorie : C_2

Environnement : E_2

b. Projection future du projet :

L'année de mise en service (2015)

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

Avec :

- ❖ $TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2015)
- ❖ $TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2007)
- ❖ $TJMA_{2015} = 4880 (1+0.04)^8 = 6678$ v/j

Trafic à l'année (2035) pour une durée de vie de 20ans

- ❖ $TJMA_{2035} = 6678 (1+0.04)^{20} = 14632$ v/j

c. Calcul du trafic effectif :

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

Avec :

- ✓ P : Coefficient d'équivalence. Pris pour convertir le poids lourds.
- ✓ Z : Pourcentage de poids lourds égal à **15%**
- ✓ $P = 4\text{uvp}$ (Catégorie C_2 , Environnement E_2)

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0.15) + (4 \times 0.15)] \times 14632 = 21216 \text{ uvp/j}$$

d. Débit de pointe horaire normale :

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

Avec :

$1/n$: Coefficient de pointe horaire pris est égal à **0.12**

$$Q = 0.12 \times 21216 = 2545 \text{ uvp/h}$$

Ce qui nous amène à ce débit prévisible qui doit être inférieur au débit admissible de notre route.

$$\begin{cases} Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{th} \\ C_{th} \geq Q \div (K_1 \times K_2) \end{cases}$$

K₁ : coefficient correcteur pris égal à **0.85** pour E₂

K₂ : coefficient correcteur pris égal à **0.99** pour environnement E₂ et catégorie C₂

$$C_{th} \geq Q \div (K_1 \times K_2) = 2545 \div (0.99 \times 0.85) = 3\ 024 \text{ uvp/h}$$

$$C_{th} \geq 3024 \text{ uvp/h}$$

Donc :

e. Calcul du Débit admissible :

Il est déterminé par application de la formule suivante :

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

On a: **K₁=0.85** et **K₂=0.99**

Pour une catégorie de C₂ on prend : **C_{th}= 2000 uvp/h** d'après B40

Donc : $Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 2000$ **→** $Q_{adm} = 1683 \text{ uvp/h / sens}$

f. Nombre de voies :

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

Avec : **S = 2/3**

$$N = 2 \div 3 \times (2545 \div 1683) = 1.008 \cong 1$$

Donc on prend : **n = 1 voie /sens**

• Calcul de la largeur totale :

$$L_{total} = (1 \times 2) \text{ largeur de voie} + 2 \text{ Accotement}$$

$$L_{total} = (1 \times 2 \times 3.5) + (2 \times 1.5) \text{ → } L_{total} = 10\text{m}$$

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

	TJMA 2007 (v/j)	TJMA 2015 (v/j)	TJMA 2035 (v/j)	Teff (uvp/j)	Q (uvp/j)	N° de voies par sens	L _{total} de la voie (ml)
VALEURS	4880	6678	14632	21216	2545	1	10

Tableau III. 6 : Tableaux des résultats calculés.

g. Conclusion :

Le calcul de la capacité de la route nous donne le profil en travers suivant :

Largeur utile **7 m** (2×3.5).

Chaussée bidirectionnelle de **2 × 1 voies** de **3.5 m**.

Accotement de **1.5 m** de chaque côté.

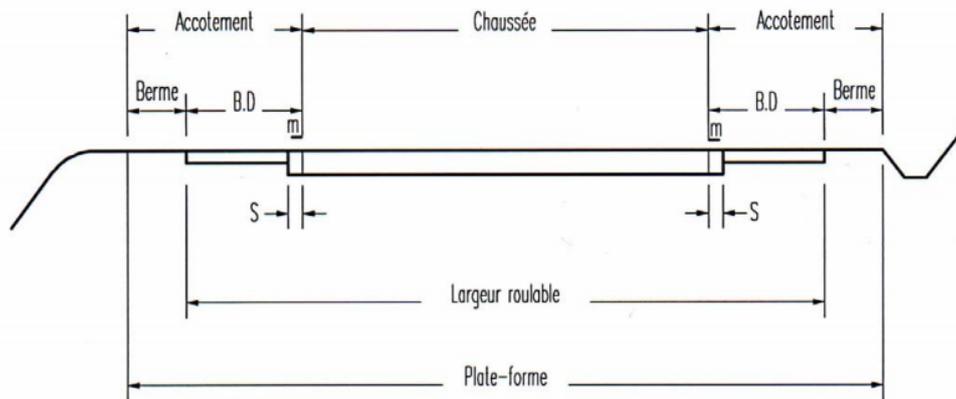


Figure III. 1 : Chaussée à 2 voies de 3,5 m chacune.

IV).1 Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

a. La géotechnique routière a pour objectif :

- De définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée.
- Etablir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée.

IV).2 Réglementation algérienne en géotechnique :

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

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sol couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des études géotechnique, par exemple :

- Les essais en place :
 - ✓ essais pressiométrique,
 - ✓ pénétromètre statique ou dynamique ...ect
- Les essais de laboratoire :
 - ✓ essais d'identification
 - ✓ essais de classification.

IV).3 Les différents essais au laboratoire :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'Atterberg.
- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- L'essai Micro- Deval.
- Essai Los-Angeles.

IV).4 Les essais d'identification :

a. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est l'un des essais les plus importants pour l'étude d'un sol. Elle consiste à déterminer les différentes fractions granulaires qui composent le sol concerné. Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique sont traduits par la courbe granulométrique qui nous permet de déterminer les différents coefficients pour identifier et classer notre sol.

L'analyse granulométrique s'obtient en deux étapes successives :

- ✚ **Par tamisage** : Cet essai est appliqué pour le sol dont le diamètre de son plus petit élément est supérieur à $80 \mu\text{m}$ ($D > 80 \mu\text{m}$).
- ✚ **Par sédimentométrie** : Cet essai est appliqué pour le sol dont le diamètre de son plus petit élément est inférieur à $80 \mu\text{m}$ ($D < 80 \mu\text{m}$).

b. Equivalent du sable :

Pour les sols à faible pourcentage de particules fines, les limites d'Atterberg ne sont pas mesurables, alors pour déceler la proportion des limons et du sol présumé qui peuvent être très nuisibles et nocifs selon la nature de l'ouvrage, on réalise l'essai d'équivalent de sable.

- **Définition** : L'équivalent de sable est le pourcentage de matières fines dans un échantillon de sol, il s'applique sur les éléments inférieurs à 5 mm.
- **Interprétation** : La tolérance de l'équivalent de sable est conditionnée par la nature de l'ouvrage, par exemple :
 - ✓ Pour les bétons, l'ES est compris entre 70 et 90.
 - ✓ Pour les couches de fondation, l'ES est de l'ordre de 40.
 - ✓ Pour les bétons bitumineux, ES > 60 à 70.

c. Limites d'Atterberg :

Le comportement d'un sol fin est avant tout en fonction de sa composition minéralogique, de sa teneur en eau et de sa structure, c'est-à-dire de la manière dont les particules sont disposées et orientées les unes par rapport aux autres.

Dans les sols fins ou cohérents l'eau joue un rôle très important par son influence sur les forces qui s'exercent entre les particules.

Selon la valeur de la teneur en eau, les propriétés mécaniques d'un sol fin évoluent depuis celles d'un solide (ω faible), jusqu'à celles d'un liquide (ω élevé).

Entre ces deux états, pour les teneurs en eau moyennes, le sol est plastique, c'est-à-dire qu'il est capable de se déformer rapidement et considérablement sans se casser, se fissurer ou changer de volume et sans présenter de déformation réversible notable, dans ce sens, le mastic, la pâte à modeler, présentent de bonnes propriétés plastiques.

La transition d'un état à l'autre est très progressive, c'est pourquoi toute tentative pour fixer la limite entre deux états comporte une part d'arbitraire.

Néanmoins on utilise très généralement les limites définies en 1911 par **Atterberg** et précisées ensuite par **Casagrande**.

- ✓ La limite de liquidité ω_L qui sépare l'état liquide de l'état plastique.
- ✓ La limite de plasticité ω_p qui sépare l'état plastique de l'état solide.

L'état solide peut lui-même être séparé en deux états : un état dans lequel l'eau adsorbée est encore en place, appelé **état solide avec retrait** et un état dans lequel toute l'eau adsorbée a disparu, appelé **état solide sans retrait**.

- Le retrait est la diminution de volume qui accompagne l'élimination de l'eau adsorbée
- L'indice de plasticité I_p est la différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité. ($I_p = \omega_L - \omega_p$).

d. Essai los-Angeles :

L'essai de dureté Los-Angeles est destiné et utilisé essentiellement pour caractériser les granulats à usage routier (étude et conception de route), on s'intéressera singulièrement au domaine routier.

La chaussée est constituée par des empilements de couches successives de matériaux généralement pierreux provenant de roches concassées ou de gisements de graviers.

Compte tenu de la charge roulante (ou éventuellement statique) que ces couches subissent (des contraintes et des déformations importantes), ces matériaux doivent donc présenter de bonnes caractéristiques mécaniques.

L'essai Los-Angeles a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par chocs et par frottement réciproque des matériaux constituant les différentes couches de la chaussée.

e. L'essai Micro-Deval :

Plusieurs techniques ont été élaborées, afin de trouver des matériaux adoptables au genre du trafic circulant sur la considérée.

Parmi ces techniques de sélection de matériaux, on s'intéressera dans ce présent rapport, à l'essai, **MICRO-DEVAL** qui permet de mesurer la résistance à l'usure par frottement des éléments d'un granulat, et qui est spécifique aux granulats utilisés dans les corps de chaussées.

Cet essai nous donne des renseignements et des conditions d'utilisation des matériaux surtout dans les essais de chaussée en cas de rabattement de la nappe.

f. Essai Proctor :

L'essai **PROCTOR** est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau.

Le compactage est une technique élaborée pour améliorer les caractéristiques mécaniques d'un sol en diminuant le volume des vides. Et par conséquent augmenter le poids volumique sec de ce sol.

Les différents travaux dans ce domaine ont montré que le compactage est en fonction de la teneur en eau d'une part et l'énergie de compactage de l'autre part.

C'est à l'ingénieur américain Proctor que l'on doit les premières études dans ce sens, il a examiné en particulier des 1933 l'influence de la teneur en eau et celle de l'énergie de compactage d'où le nom Optimum Proctor qui est la densité sèche maximale pour une teneur en eau optimale et par conséquent une énergie de compactage moindre, l'optimum est déterminé par l'essai Proctor.

Il existe deux types d'essais Proctor : l'essai **Proctor normal** et l'essai **Proctor modifier**

En général on fait référence au Proctor normal pour l'étude des sols de remblai et au Proctor modifié pour les couches de chaussée.

g. Essai CBR :

Dans les travaux routiers où l'on ne peut admettre que de faibles déformations du sol, on détermine la portance du sol, c'est-à-dire sa résistance à la rupture par un essai particulier appelé **Essai CBR** (Californian-bearing-ratio) qui détermine l'indice **CBR**. C'est un essai qui est toujours précédé par l'Essai Proctor parce qu'il est réalisé avec les caractéristiques Proctor (Optimum Proctor). Il existe deux types d'indices CBR :

- ✓ L'indice CBR immédiat.
- ✓ L'indice CBR après immersion.

L'indice CBR est déterminé par le diagramme des indices portants en fonction des compacités. L'indice CBR après immersion se calcule comme l'indice CBR immédiat après une période d'imbibition de 04 jours.

L'indice portant exprime en % le rapport entre les pressions produisant dans le même temps un enfoncement donné dans le sol étudié d'une part et dans un matériau type d'autre part. Les résultats obtenus nous permettent d'estimer les épaisseurs des couches de chaussée d'un nouveau tracé de route.

IV).5 Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront dispensé de :

- ✓ Pierre de dimension > 80 mm
- ✓ Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- ✓ Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface sur laquelle ils seront exécutés.

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

IV).6 Conclusion :

Vue l'absence du rapport géotechnique j'étais obligé de prendre des valeurs les plus défavorable comme un CBR qui égal à 5.

V).1 Introduction :

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

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession d'alignements droits séparés par des raccordements progressifs quand il est demandé. Son but est d'assurer une sécurité et un confort optimal tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

V).2 Tracé en plan :

Définition : Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la *vitesse de référence* appelée ainsi *vitesse de base* qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de Clothilde qui assure un raccordement progressif par nécessiter de sécurité et de confort des usagers de la route.

V).2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan :

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

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont portés a des problèmes géologiques.

V).2.2 Les éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

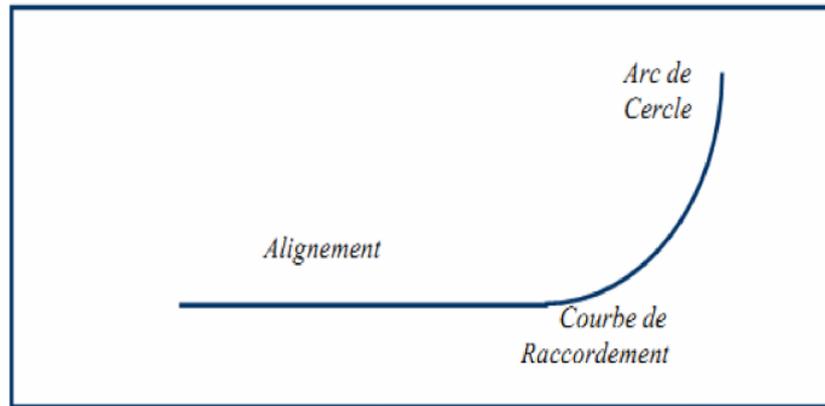


Figure V. 1 : Schéma des éléments du tracé en plan.

V).2.2.1 Les alignements :

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, lithoïdes).

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

- **Les Avantages :**
 - ✓ L'alignement droit c'est le plus court chemin.
 - ✓ Bonne conditions de visibilité.
 - ✓ Construction facile.
 - ✓ Absence de la force centrifuge.
 - ✓ Facilités de dépassement.
 - **Les inconvénients :**
 - ✓ Eblouissement causé par les phares.
 - ✓ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
 - ✓ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
 - ✓ Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- ✚ **Ce qui nous amène à dire que la longueur des alignements dépend de :**
- De la vitesse de base V_B , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
 - Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
 - Du rayon de courbure de ces sinuosités.

V).2.2.2 Les règles des alignements :

❖ Longueur minimum :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation « t » :

$$L_{\min} = t.v.a. \quad \text{Avec :} \quad \begin{cases} t = 5 \text{ seconde} \\ V: \text{Vitesse véhicule (m/s)}. \end{cases}$$

$$L_{\min} = 5.v = \frac{5}{3.6} \times V_B \quad \text{Avec :} \quad V_B = 60 \text{ Km/h ; vitesse de base en (Km/h).}$$

$$L_{\min} = \frac{5}{3.6} \times 60 = 83.33 \text{ m}$$

❖ Longueur maximum :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation « t=60s » :

$$M_{\max} = 60.v = \frac{60}{3.6} \times V_B \quad \text{Avec :} \quad V_B = 60 \text{ Km/h}$$

$$M_{\max} = \frac{60}{3.6} \times 60 = 1000 \text{ m}$$

Vitesse de référence	60 Km/h	40 Km/h
Longueur minimum	83.33 m	55.55 m
Longueur maximum	1000 m	666.66 m

Tableau V. 1 : Longueur max et min selon « V_{RP} »

V).2.2.3 Arc de cercle :

Les courbes sont limitées par l'intervention de trois termes :

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

V).2.2.4 Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon. D'où la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

a. Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le plus faible rayon admissible dans une courbe, il est défini pour un dévers maximal de 7%

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

$$\text{On a : } \begin{cases} V_B = 60\text{Km/h} \\ d_{\max} = 7\% \\ f_t = 0.16 \end{cases} \quad \text{Pour : l'environnement E}_2, \text{ Catégorie C}_2$$

$$RH_{\min} = \frac{60^2}{127(0.16+0.07)} \quad \longrightarrow \quad RH_{\min} = 123 \text{ m}$$

f_t : Coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque V_{RP} on définit une série de couple (**R, d**).

b. Rayon minimal normal :

Le rayon minimal normal (RH_N) doit permettre à des véhicules dépassant V_{RP} de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RH_N = \frac{(V_r+20)^2}{127(f_t+d_{\max})} \quad \text{Pour un dévers associé : } d_{\max}=5\%$$

$$RH_N = \frac{(60+20)^2}{127(0.16+0.05)} = 239.9 \text{ 7m} \quad RH_N = 24 \text{ 0m}$$

c. Rayon au dévers minimal :

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

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

Pour un dévers associé : $d_{\min} = 2.5\%$.

$$RH_d = \frac{60^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 566.9 \text{ 3m} \quad \longrightarrow \quad RH_d = 567 \text{ m}$$

d. Rayon minimal non déversé :

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

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$$

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127(f' + d_{\min})} \quad \text{Cat 1.2} \quad f'=0.07 \text{ Cat 3} \quad f'=0.075 \text{ Cat 4 -5}$$

On a : Catégorie C₂ → $\begin{cases} f' = 0.06 \\ d_{\min} = (-2.5) \end{cases}$

$$RH_{nd} = \frac{60^2}{127(0.06-0.025)} = 809.9 \text{ m} \Rightarrow RH_{nd} = 810 \text{ m}$$

e. Application au projet :

Notre projet est situé dans un environnement E2 et classé en catégorie C2 avec une vitesse de base de 60 km /h sur le 2^{ème} tronçon, et d'une vitesse de base de 40 km /h sur le 1^{er} et le 3^{ème} tronçon ; les normes du B40 nous donne le tableau suivant :

Rayons	Symboles	d _{min} (%)	Vitesse 60 Km/h		Vitesse 40 Km/h	
			Normes calculés (m)	Normes de B40 (m)	Normes calculés (m)	Normes de B40 (m)
Rayon horizontal minimal (m)	RH _{min}	7	123	125	55	47
Rayon horizontal normal (m)	RH _N	5	240	250	135	125
Rayon horizontal déversé (m)	RH _d	2,5	567	550	252	250
Rayon horizontal non déversé (m)	RH _{nd}	-2,5	810	800	360	300

Tableau V. 2 : Les rayons en plans.

Remarque : on essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

f. Sur largeurs :

La sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe : $S=50/R$

La largeur de voie minimale permettant à un poids lourd de type semi-remorque de ne pas déborder de sa voie est d'environ $3,5 + (25 / R)$, R étant le rayon interne de la courbe exprimé en mètres. Pour les petits rayons internes (5 à 10 m) cette largeur est plus proche de $3,5 + (30 / R)$.

Lorsqu' on ne peut pas offrir cette largeur, on peut admettre dans certains cas que le semi-remorque sorte de sa voie sur la gauche (lacet et autres virages avec bonne visibilité sur les routes à trafic lourd très faible), ou bien qu' il morde sur une bande dérasée, qui dans ce cas doit être revêtue et d'une structure suffisante.

g. Calcul des sur largeurs :

Rayon (m)	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	180	200
Sur- largeur (m)	1,66	1	0,84	0,63	0,5	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,2	0,17	0,14	0,125

Tableau V. 3 : Sur-largeur.

V).2.2.5 Courbe de raccordement (C.R) :

Il permet d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou l'inverse. Elle a comme propriété essentielle : la variation progressive de la courbure. Qui as les avantages suivants :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Parmi ces courbes la Clothilde qui est susceptibles de satisfaire la condition de variation continue de rayon de courbure.

a. Clothoïde :

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

b. Choix de la Clothoïde :

La Clothilde est la seule courbe qui sera appliquée dans notre étude pour les avantages suivants :

- La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.
- La variation constante de la courbure de la Clothilde correspond pour le conducteur à une rotation constante de son volant.
- La Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale.
- La Clothoïde satisfait également les exigences esthétiques et de confort optique, si elle est bien choisie.

c. Expression mathématique de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L

$$L \cdot K = C \cdot L$$

Pour l'homogénéité de la formule on pose : $\Rightarrow \frac{1}{C} = A^2$

$$K = \frac{1}{R} \Rightarrow L \cdot R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C \cdot L \quad \Rightarrow \quad L \cdot R = A^2$$

Avec :

R : Rayon du cercle.

L : Longueur de la branche de Clothilde.

A : paramètre de la Clothilde.

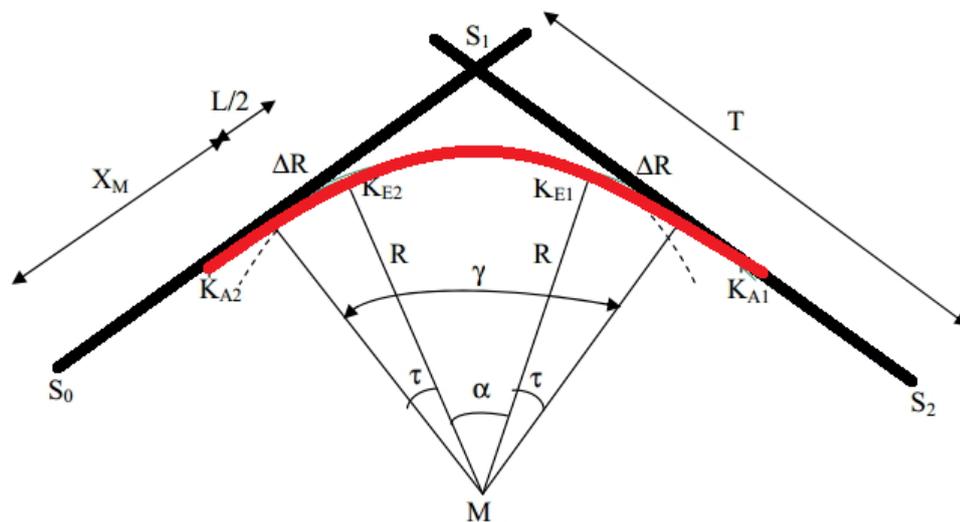


Figure V. 2 : Eléments de la Clothilde

K_A : origine de la Clothilde.

K_E : extrémité de la Clothilde.

σ : angle polaire (angle de corde avec la tangente).

ΔR : ripage (mesure le décalage entre l'alignement droite et l'arc du cercle).

τ : angle des tangentes.

X_M : abscisse du centre du cercle.

M : centre du cercle.

T : grand tangente.

S_L : la corde a Clothilde = $K_E - K_A$.

γ : Angle entre alignement.

d. Les conditions de raccordement à respecter lors de la conception de la Clothilde :

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

✚ Condition optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil.

$$\begin{cases} \tau \geq 3^\circ \\ \tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rad} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rad} \\ A \geq \frac{R}{3} \end{cases}$$

Ce qui nous amène à : $\frac{R}{3} \leq A \leq R$

Pour : $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5)

Pour : $1500 < R < 5000\text{m} \Rightarrow \tau = 3^\circ$ c'est-à-dire : $\begin{cases} L_{OP} = \sqrt{24R\Delta R} \\ L_{OP} = \frac{R}{9} \\ L_{OP} = 7.75\sqrt{R} \end{cases}$

Pour : $R < 1500 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

✚ Condition du confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter pendant le temps parcouru Δt du raccordement variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

La variation de l'accélération transversale est : $\frac{V_B^2}{(R-g\Delta R)}$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur : $K_g = \frac{1}{0.2V_r}$

On pose :

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

R : rayon en (m).

V_{RP} : vitesse de référence en (km/h).

Δd : variation de dévers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{initial}}$) en (%).

✚ Condition de gauchissement :

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule, le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que : $\Delta p \geq \frac{0.5}{V_r}$

Nous avons : $L_{cg} = 1 \times \Delta d \times V_r$ avec : $1 =$ largeur de la chaussée

Nota : la longueur de la courbe « L » à prendre en considération dans le tracé en plan :

$$L = \max (L_{op} ; L_{cd}; L_{cg})$$

$\left\{ \begin{array}{l} L_{op} : \text{Longueur de la condition optique.} \\ L_{cd} : \text{Longueur de la condition du confort dynamique.} \\ L_{cg} : \text{Longueur de la condition de gauchissement.} \end{array} \right.$

Remarque :

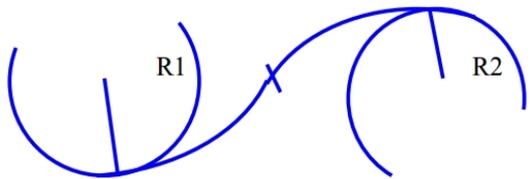
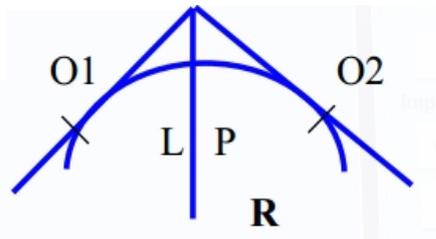
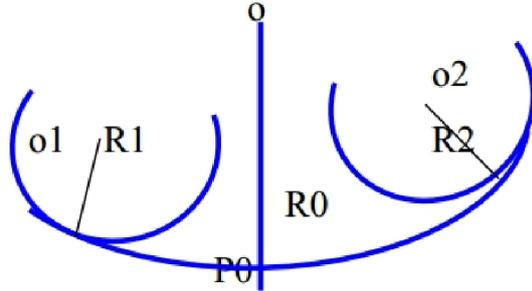
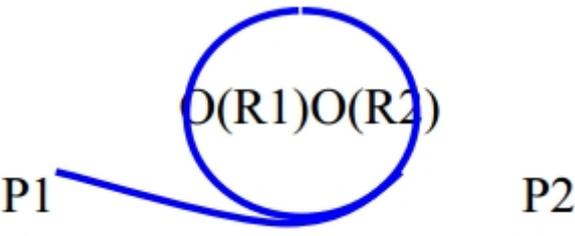
La vérification des deux conditions de gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée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

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} \quad \text{Avec} : \Delta t = \frac{L}{v} ; v = \frac{V}{3.6}$$

Et Δt : exprimé en valeur réelle.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec discontinuité perceptible à l'usager (traversée d'une ville, modification du relief...ect).

V).2.3 Combinaison des éléments du tracé en plan :

Définition	Figure
<p>Courbe en S Une courbe en S est un ensemble de deux arcs de Clothilde entre deux cercles des rayons opposés. Les deux arcs de Clothilde sont tangents avec un rayon infini.</p>	<p>Courbe en S</p> 
<p>Courbe au sommet Une courbe est constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangente en un point même courbure et raccordant deux arcs de cercle, avec un rayon ponctuel commun.</p>	<p>Courbe au sommet</p> 
<p>Courbe en C Une courbe est constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.</p>	<p>Courbe en C</p> 
<p>Courbe en Ove Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.</p>	<p>Courbe en Ove</p> 

V).2.4 Paramètres fondamentaux :

Pour notre projet il s'agit d'une route de catégorie (C2) et d'environnement (E2), avec une vitesse de base $V_B = 60$ km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes du **B40**.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_R	60
Longueur minimale (m)	L_{min}	84
Longueur maximale (m)	M_{max}	1000
Devers minimal (%)	d_{min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Coefficient de frottement longitudinal	f_L	0.42
Coefficient de frottement transversal	f_t	0.16
Distance de freinage (m)	d_0	35
Distance d'arrêt (m)	d_1	70
Distance d'arrêt en courbe (m)	d_2	80
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_{min}	250
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_N	350
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dM_d	120
Rayon minimal absolu (m) (7 %)	RH_{min}	125
Rayon minimal normal (m) (5 %)	RH_N	250
Rayon au devers minimal (m) (2,5 %)	RH_d	550
Rayon non déversé (m) (-2.5 %)	RH_{nd}	800

Tableau V. 4 : Paramètres fondamentaux de l'axe en plan.

V).2.5 Application à notre projet :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel PISTE 5 en passant par les étapes suivantes :

V).2.5.1 Construction du terrain :

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaine opération :

a. Construction du fichier fond de plan :

- ✓ Dans la barre de menu clique sur le fichier ⇒ nouveau
- ✓ Choisir fond de plan **TPL (.seg)** ⇒ ok

Une boîte de dialogue va apparaître, donner un nom au nouveau fichier.

(Par exemple : terrain) puis ouvrir et confirmer la création du nouveau fichier.

b. Chargement du fichier géométrique :

- ✓ Pour charger les points et lignes, on fait : fichier ⇒ lire dans la barre de menu et on ouvre les points topographique donnée par la (DTP) sous format piste
- ✓ semi de point (.y). On obtient alors le nuage de points suivant :

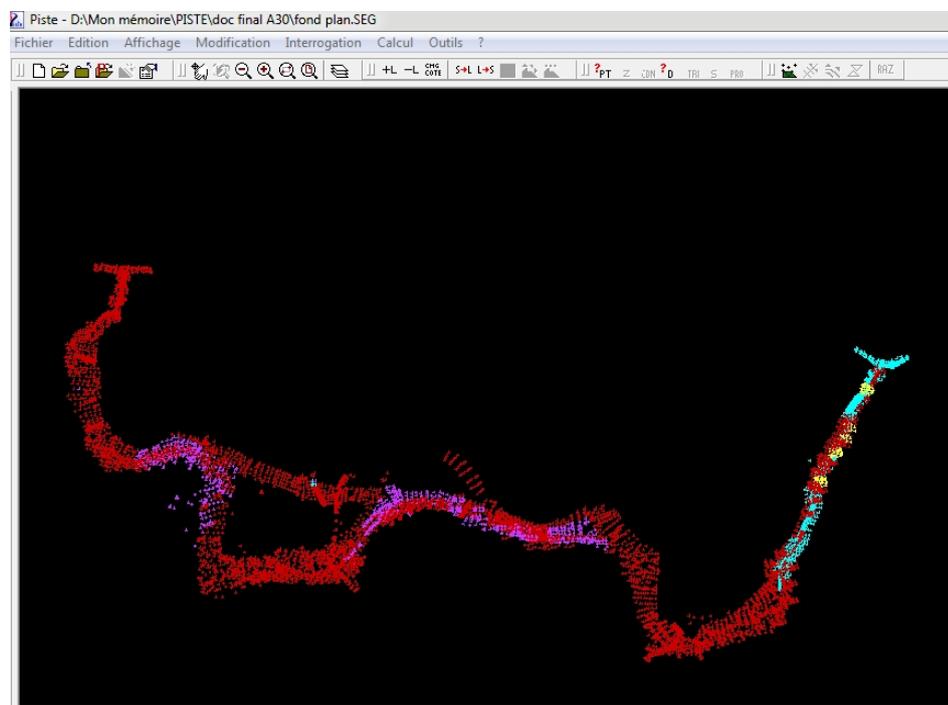


Figure V.3 : Nuage de points.

Maintenant il nous reste à exploiter le fichier ouvert pour tracer notre axe en plan. Pour cela nous devons faire certaines opérations.

c. Triangulation du terrain :

Elle permet de construire un modèle surfacique du terrain composé, à partir du Fichier géométrique précédent.

Pour se faire il suffit de faire :

- Dans la barre de menu :
- calcul —————> trianguler
 - calcul —————> courbe de niveau
 - calcul —————> point hauts et bas

Nous obtenons la figure suivante :

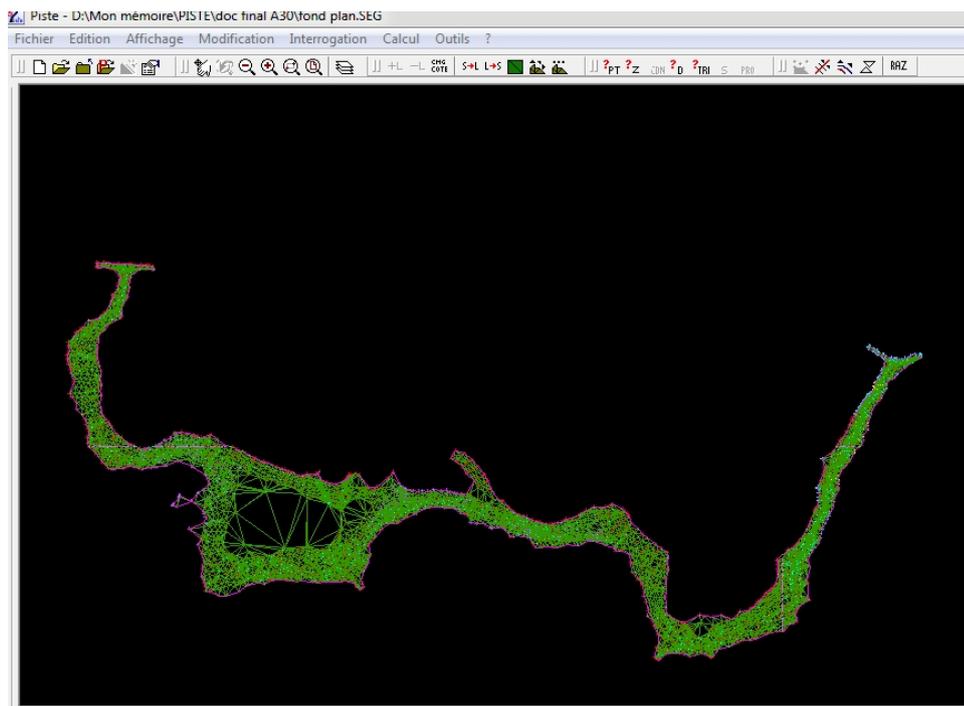


Figure V. 4 : Triangulation du terrain.

On passe maintenant à la conception plane et avoir notre TEP

On fait : fichier → nouveau → conception plane et on crée un nouveau fichier,
Nommée par exemple (axe en plan)

Puis on fait fichier → fond de plan → ouvrir.

V).2.5.2 Construction des éléments de l'axe :

Fichier → Nouveau → conception plane (dap) → (créé un fichier .DAP)

→ Ouvrir fond de plan

Dessiner l'axe en plan (par ordre).

LES POINTS :

Point → nom d'élément → saisie POI P1 → exécuté ou

Graphiquement, ou point terrain → (de même pour P2)

Exemple résultat de la ligne de saisie : → POI P1 12251.8905 16150.7333

LES DROITES :

Droit → nom d'élément → D1 P1 P2 (entre deux points) → exécuté

Exemple du résultat de la ligne de saisie : → DRO D1 P1 P2

VALEUR DES RAYON :

Elément → Distance → nom d'élément (R1)

Puis cliquer sur saisir et entrer la valeur dans la boîte de dialogue → Exécuter

Exemple du résultat saisi : → DIS R1 550

LES LIAISONS :

Elément → liaison → nom d'élément(L1) → saisir

On sélectionne par la suite les deux droites à raccorder (D1.D2) → sélectionné la distance (R1) → Choisir TABRAC : T80 2 voies → exécuté

Exemple du résultat saisi : → (LIA L1 D1 D2 R1 TABRAC)

NOTA : on fait ces procédures pour les autres paramètres (D2, R2, L2....).

V).2.5.3 Construction de l'axe :

Elément → Axe → non d'élément → saisir (AXE1)

On clique sur point puis on sélectionne le point P1 qui sera le point de départ,

Puis → Fin Automatique → exécuter.

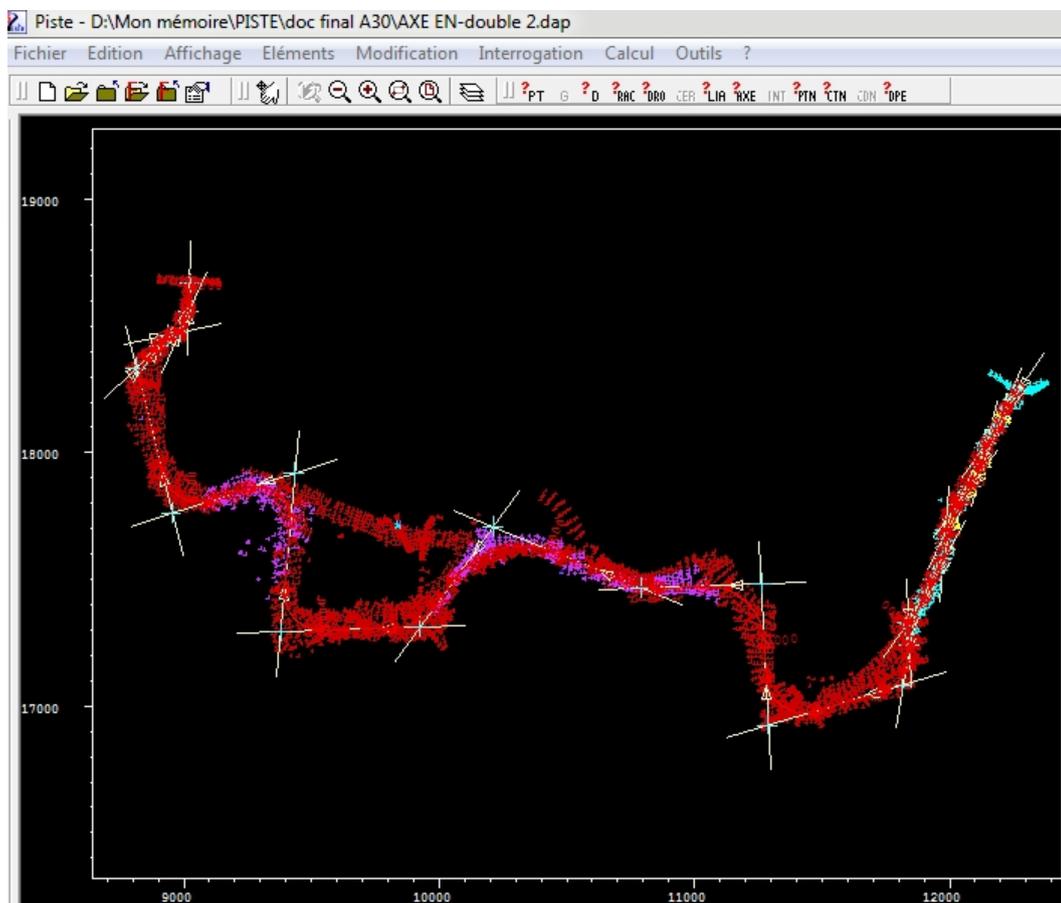


Figure V. 5 : Axe en plan.

Par la suite on fait : calcul → zone → saisir (0 20 par exemple).

Pour que le logiciel nous donne les résultats chaque 20 m.

On fait le calcul → tabuler axe → créer piste.

Un clic sur F2 nous permet de voir les résultats en mode texte, qui sont joints en annexes.

V).2.5.4 Description de l'axe de l'évitement :

Le tracé du site est caractérisé au début par un terrain plan qui débute à l'entrée EST de la ville suivant le chemin communal est entamera une densité d'urbanisme très élevée avec des rayons serrés de l'ordre de 50 m à 125m ce qui nous pousse à prendre ces rayons en compte et choisir une vitesse de référence de 40km/h sur une longueur de 1km.

Le 2^{ème} tronçon vient juste après le 1^{er}. Ce dernier est caractérisé par un terrain vallonné intersection avec le chemin wilaya mais avec des alignements droits et des rayons de 325m avec une vitesse de référence de 60km/h sur 4.5km. Le 3^{ème} tronçon affleure une partie ouest de la ville avec des rayons minimaux de 47m sur une longueur de 500m est d'une vitesse de référence de 40km/h.

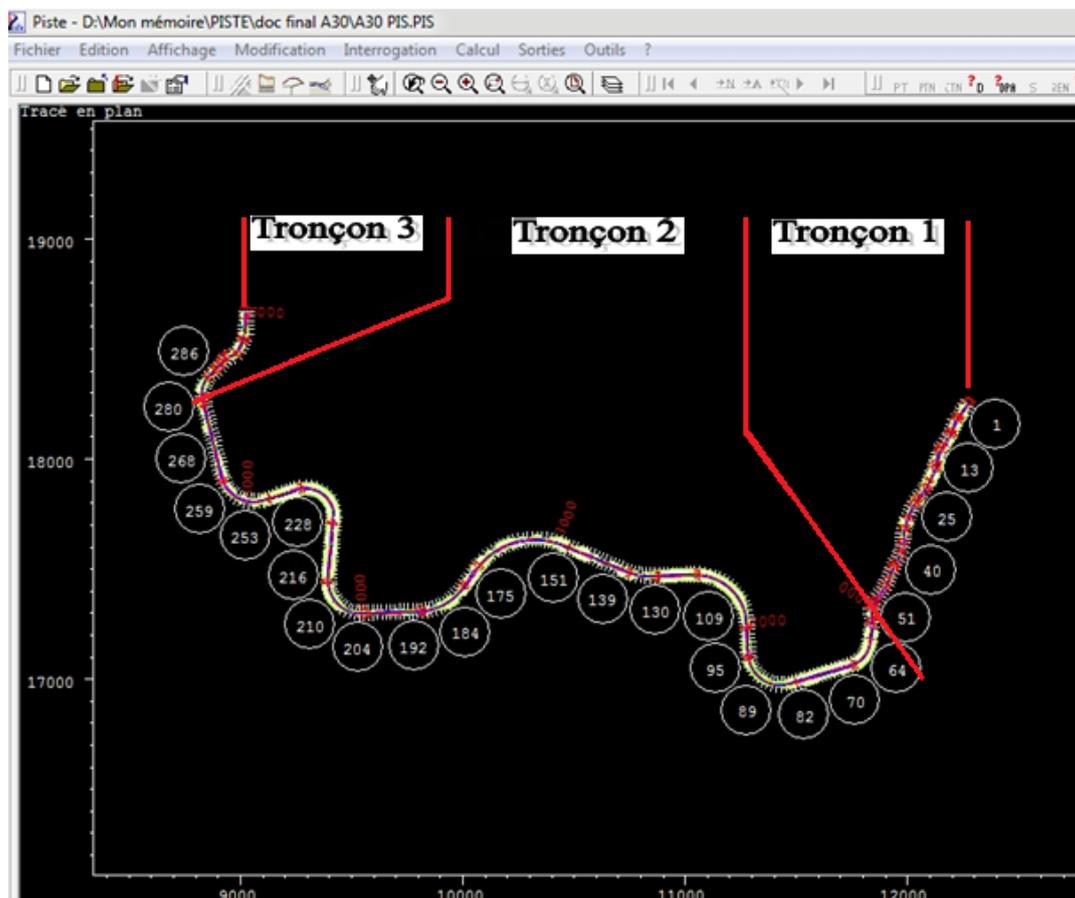


Figure V. 6 : Tabulation axe en plan

Remarque : les résultats de la tabulation sont joints en annexes.

V).3 Profil en long :

Définition : le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé, il est toujours composé d'éléments droits inclinés (rampes et pentes) et arcs de cercle tangents droits, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

V).3.1 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V).3.2 Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin :

- ✓ D'assurer les conditions minimales de visibilité,
- ✓ De favoriser la perception générale du tracé : rechercher la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.

Il faut en outre éviter les combinaisons défavorables telles qu'une longue descente rapide suivie d'un point difficile du tracé en plan.

Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$$R_{\text{vertical}} > R_{\text{horizontal}} \quad \text{pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

V).3.3 Définition d'une déclivité :

La déclivité d'une route est l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, on l'appelle pente pour les descentes et rampes et pour les montées.

V).3.3.1 Déclivités du profil en long :

a. Déclivité maximale :

Les fortes pentes peuvent engendrer des problèmes de freinage des poids lourds et donc compromettre la sécurité des usagers. On évitera en particulier d'intercaler une pente de valeur moyenne entre deux zones de forte pente (problème de remise en vitesse des véhicules) mais également de positionner des points singuliers dans ou immédiatement après ces zones de forte pente.

De même, en rampe, elles entraînent des problèmes d'écoulement du trafic (qui peuvent nécessiter de créer des voies spéciales pour véhicules lents) et de surconsommation (au-delà de 2,5% de pente, chaque pourcent supplémentaire entraîne une surconsommation de 12 % par rapport à la valeur enregistrée à plat).

Les valeurs préconisées par le B40 pour les pentes max sont résumées dans le tableau suivant :

V_r Km/h	40	60	80	100	120	140
I_{max} %	8	7	6	5	4	4

Tableau V. 5 : Les pentes maximums.

Nota : Pour notre cas la vitesse $V_r=60$ Km/h donc la pente maximale est de : $I_{\text{max}}=7\%$.

b. Déclivité minimale :

Le B40 a imposé que les profils en long et en travers des routes soient établis de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plateforme.

En conséquence, s'il n'existe généralement pas de valeur minimale pour les déclivités, on s'attachera à assurer un minimum de :

- 0.5 à 1 % pour les zones où le dévers est nul afin d'assurer l'évaluation des eaux de surface.
- 0.2 % dans les longues sections en déblai afin d'éviter des sur-profondeurs pour le dispositif longitudinal d'évacuation des eaux pluviales.

Et de manière générale, il convient d'éviter les zones en déblai profond délicates à assainir ainsi que les points bas en déblai.

V).3.3.2 Raccordement en profil en long :

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

a. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire aux conditions :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

✚ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, elle est limitée à ($0.3m/s^2$ soit : $g/40$), Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{v_r^2}{R_V} < \frac{g}{40}$$

Avec: $g = 10 \text{ m} / \text{s}^2$

$$\text{D'où : } \begin{cases} R_V \geq 0.3V_r^2 & \Leftrightarrow (\text{Catégorie 1 - 2}) \\ R_V \geq 0.23V_r^2 & \Leftrightarrow (\text{Catégorie 3 - 4 - 5}). \end{cases}$$

Tel que :

R_v : rayon vertical (m).

V_r : vitesse de référence (km/h).

Condition de visibilité :

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{(h_0 + h_1)})}$$

Avec : D_1 : Distance d'arrêt (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et de la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base choisie $V_r = 60\text{Km/h}$ et pour la catégorie 2 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	1500
Min-normal	R_{vn}	4500
Dépassement	R_{vd}	6000

Tableau V. 6 : Rayons des raccordements convexes.

b. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 60$ Km/h et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	1200
Min-normal	R_{vn}	2400

Tableau V. 7 : Rayons des raccordements concaves.

V).3.4 Application au projet :

 Conception longitudinal :

Pour dessiner la ligne rouge il faut passer par les mêmes étapes que la phase de conception plane pour les points et les droites.

Pour les distance, nous saisissons sauf les valeurs de (R_1, R_2, R_3, \dots ect.).

Distance \longrightarrow on choisit une valeur de R \longrightarrow exécuté

Parabole \longrightarrow nom d'élément \longrightarrow PARA1 D1 D2 R1 (entre deux droits)

AXE \longrightarrow POI P1 \longrightarrow Fin automatique \longrightarrow exécuté (Echappe).

Calcul \longrightarrow Tabuler un axe \longrightarrow < RC > Compléter

Ci-dessous nous allons voir l'image du profil en long après la tabulation.

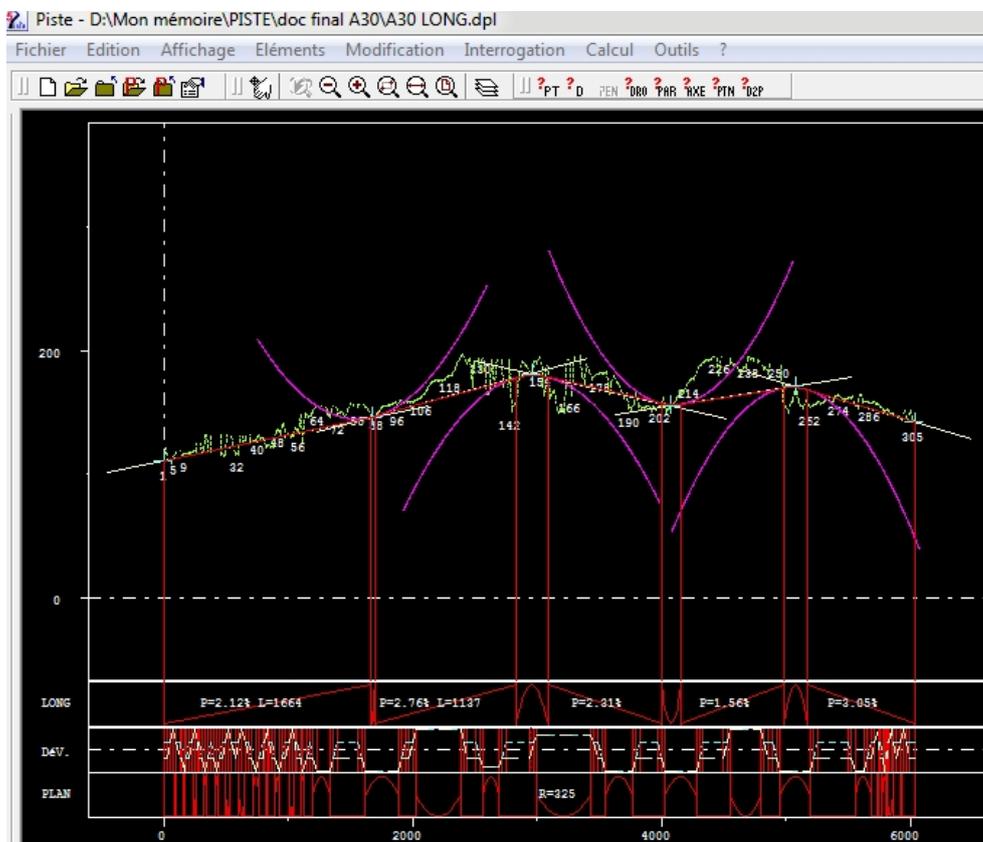


Figure V. 7 : Eléments du profil en long.

V).4 Profil en travers :

Définitions : Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

V).4.1 Les éléments constitutifs du profil en travers :

- **L'emprise :** C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances, limitée par le domaine public.
- **L'assiette :** C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **La plate-forme :** C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins centrale et les bandes d'arrêts.
- **La chaussée :** C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **L'accotement :** Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieur d'une berme
- **Le fossé :** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

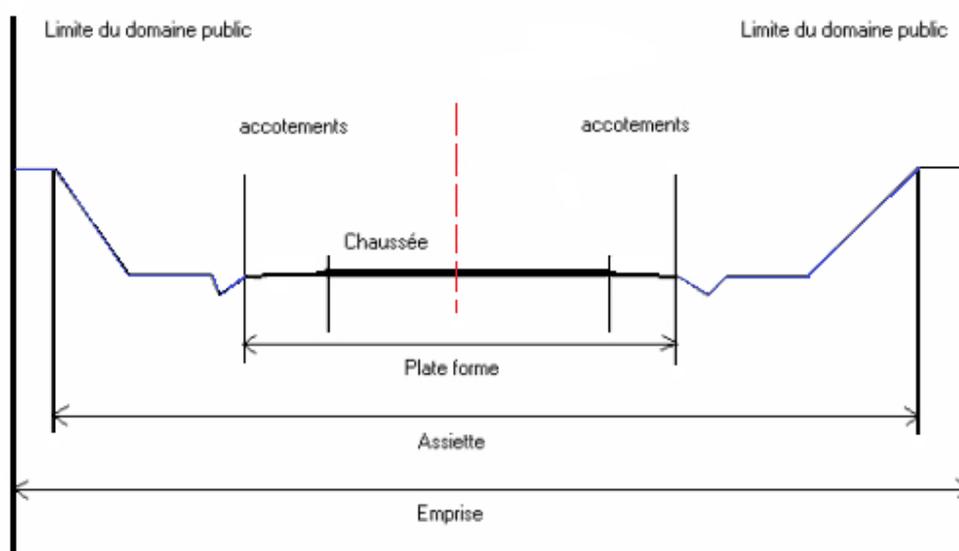


Figure V. 8 : les éléments du profil en travers.

V).4.2 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

✚ Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagements de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

✚ Le profil en travers courant :

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

V).4.3 Application au projet :**✚ Conception transversal :**

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

Conception transversale → non du fichier pis (AXE1.pis) → ok

Calcul → dévers → calculer → recherche semi-automatique (compléter le tableau).

Dévers → calculé → fermé

Dévers → fin → créer un fichier.dvt → ok

Projet → créer un fichier. Type

Profil type → nom du profil type (PT1)

Créer → nouveau → ok

✚ Le profil en travers type de notre projet :

Après l'étude du trafic, notre projet comportera un profil en travers type avec un tracé d'une chaussée bidirectionnelle, et qui contient les éléments constitutifs suivants :

- ✓ Chaussée : $3,5 \times 2 = 7,00$ m
- ✓ Accotement : $1,50 \text{ m} \times 2 = 3$ m
- ✓ Plate-forme : =10 m.

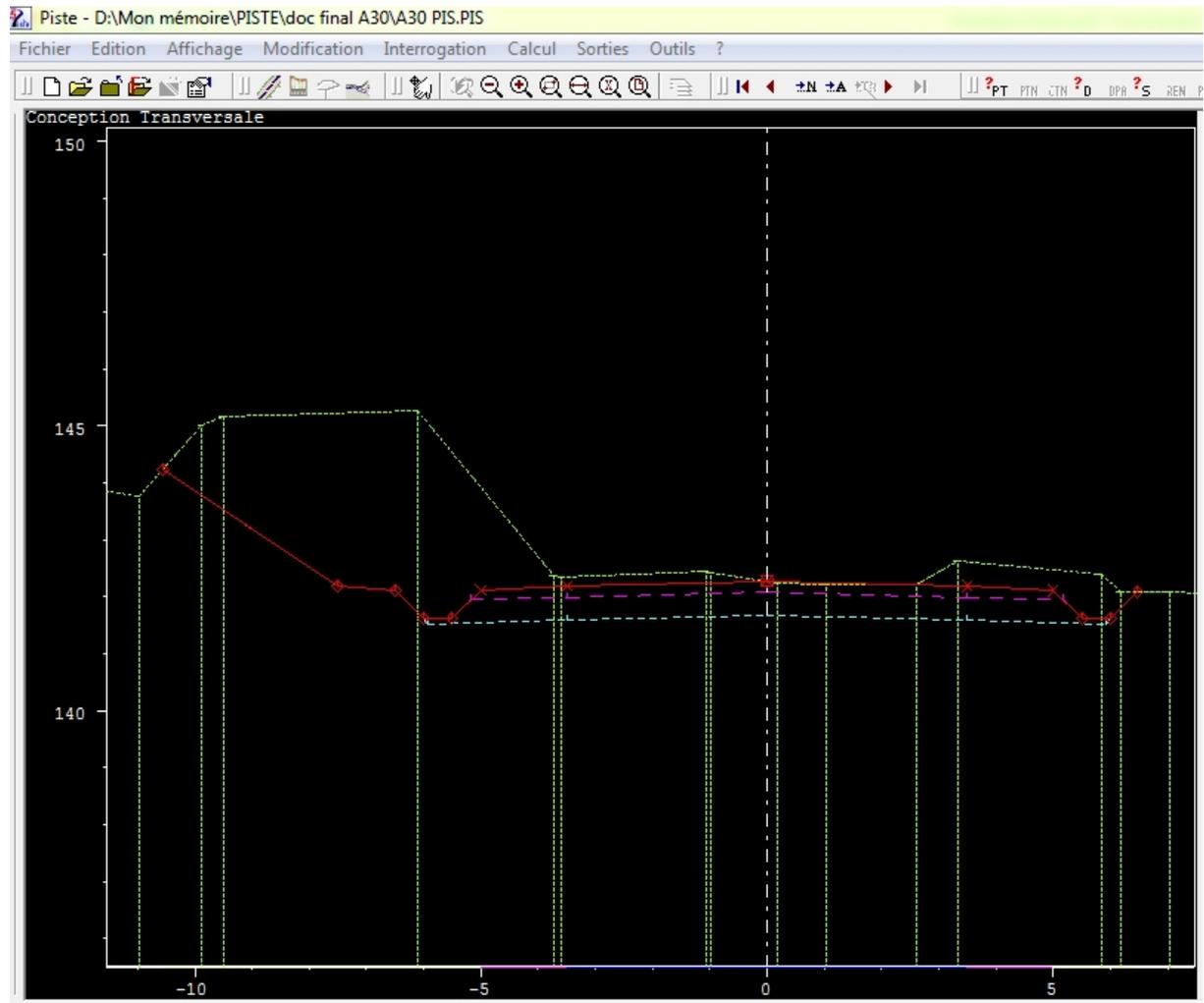


Figure V. 9 : profil en travers type.

V).5 Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et les conditions à respecter pour les obtenir, ainsi que l'illustration de toutes les étapes nécessaires par des schémas.

Nous avons aussi injectés des données relatives à notre projet dans le logiciel piste 5, les résultats de calculs sont joints en annexe.

VI).1 Introduction :

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas.... ect, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonne caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

VI).2 Facteurs considérés dans le dimensionnement :

Les principaux facteurs à prendre en considération sont les suivants :

- ✓ Portance de sol (naturel ou plate-forme).
- ✓ Trafic (son influence se traduit par l'usure, rupture par fatigue).
- ✓ Climat et environnement : influence de la température de l'eau et vieillissement de bitume.

VI).3 La chaussée :

VI).3.1 Définition :

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

VI).3.2 Les différents types de chaussées :

Il existe trois types de chaussée :

- Chaussée souple.
- Chaussée rigide.
- Chaussée semi - rigide.

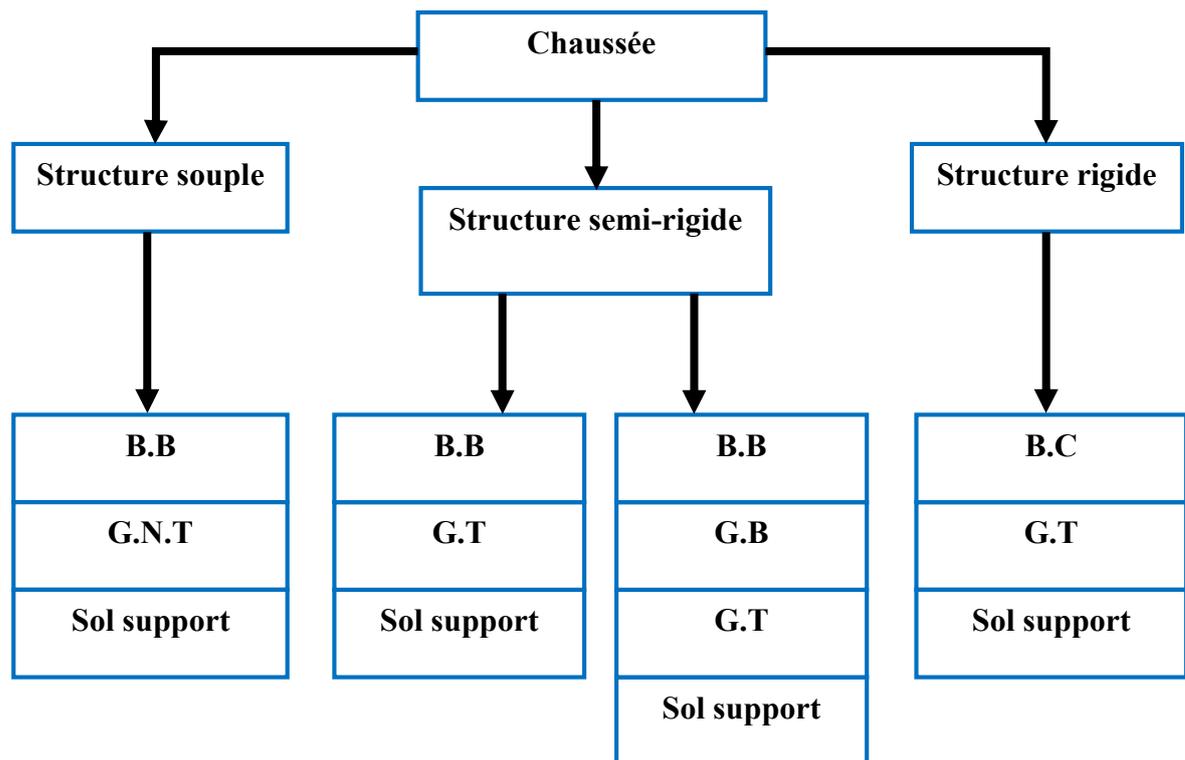


Figure VI. 1 : Les différentes catégories de chaussée.

Avec :

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitume.

GT : grave traité.

G.N.T : grave non traité.

B C : béton ciment.

VI).3.3 Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- ✓ Les sols et matériaux pierreux à 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. La couche de surface :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée de deux couches :

Couche de roulement qui a pour rôle :

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

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

En général l'épaisseur de la couche de roulement varie entre **5 et 8 cm**.

b. Couche de base :

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux,....

Elle a pour rôle essentiel de résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic. Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur la couche de fondation sans se déformer ni se dégrader.

La couche de base est constituée avec beaucoup de soin elle doit porter de meilleurs matériaux car les contraintes sont plus élevées vers la surface qu'au fond.

L'épaisseur de la couche de base est entre **10 et 25 cm**.

c. Couche de fondation :

La couche de fondation constitue avec la couche de base du corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et coût.

d. Couche de forme :

Elle est prévue pour reprendre 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 de la portance du sol support à long terme, par la couche de forme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre **40 et 70 cm**.

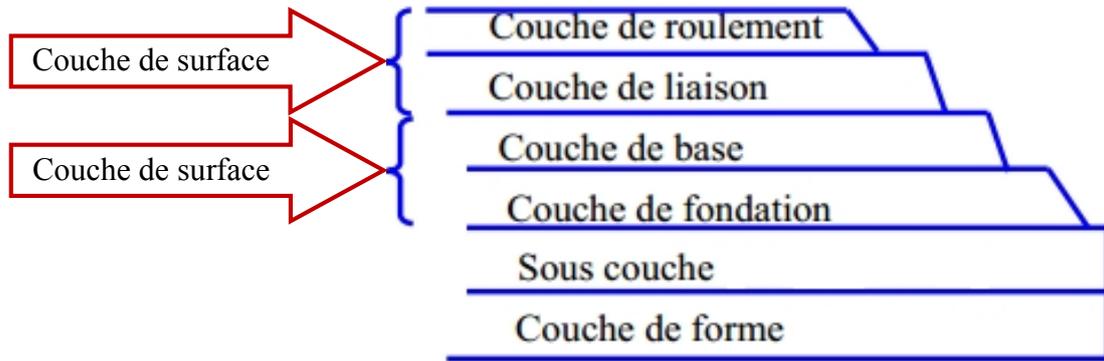


Figure VI. 2 : Coupe type d'une chaussée souple.

VI).3.4 Chaussée semi-rigide :

On distingue :

La chaussée comporte une couche de base (quelque fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).

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

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

VI).3.5 Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement 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. Ce type de chaussée est pratiquement applicable en Algérie.

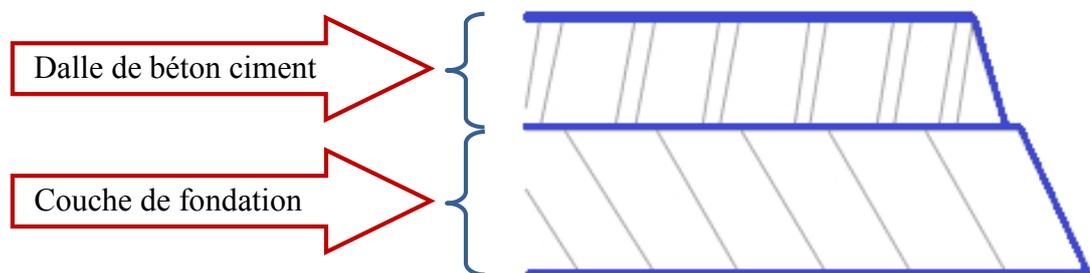


Figure VI. 3 : Coupe type d'une route rigide.

VI).4 Méthodes de dimensionnement des chaussées :

- Les méthodes empiriques des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites rationnelles basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

VI).4.1 Méthode C.B.R (California-Bearing-Ratio) :

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

Le C.B.R retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, on aboutit à la formule de PELTIER qui est la suivante :

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

Avec :

e : épaisseur équivalente.

I_{CBR} : indice CBR du sol.

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

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

Log : logarithme décimal.

✚ Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches, elle est donnée par la formule suivante :

$$e_{eq} = \sum a_i \times e_i$$

a_i : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.

e_i : épaisseur de chaque couche.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

matériaux utilisés	coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment-grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

Tableau VI. 1 : Coefficient d'équivalence.

➤ **Remarque :**

L'épaisseur totale de la chaussée est :

$$e = a_1e_1 + a_2e_2 + a_3e_3$$

Avec :

e_1 : couche de roulement.

e_2 : couche de base.

e_3 : couche de fondation.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 , e_2 , et on calcul e_3 , généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB : 5-8cm

GB : 10-25cm

GC : 15-35cm

TVO : 40-70cm

VI.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Le catalogue des structures est établi par la direction SETRA (Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes). Elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20^{ème} année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

a. Détermination de la classe du trafic :

Le trafic caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 KN par jour la voie la plus chargée.

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \times 10^5$
T ₂	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T ₃	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T ₄	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T ₅	$T > 4 \times 10^7$

Tableau VI. 2 : Classe du trafic.

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule : $T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1+\tau)^{n+1}-1}{\tau} \right] 365$

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie (n = 20 ans).

τ : taux d'accroissement annuel.

A : Coefficient d'agressivité.

b. Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité proctor modifier maximal les différentes catégories sont données par le tableau indique les classe de sols :

Classe du sol	Indice CBR
S ₁	25-40
S ₂	10-25
S ₃	5-10
S ₄	< 5

Tableau VI. 3 : Classe du sol.

VI).4.3 L'utilisation du catalogue :

Le catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. Cette méthode est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches.

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

VI).4.4 La démarche du catalogue :

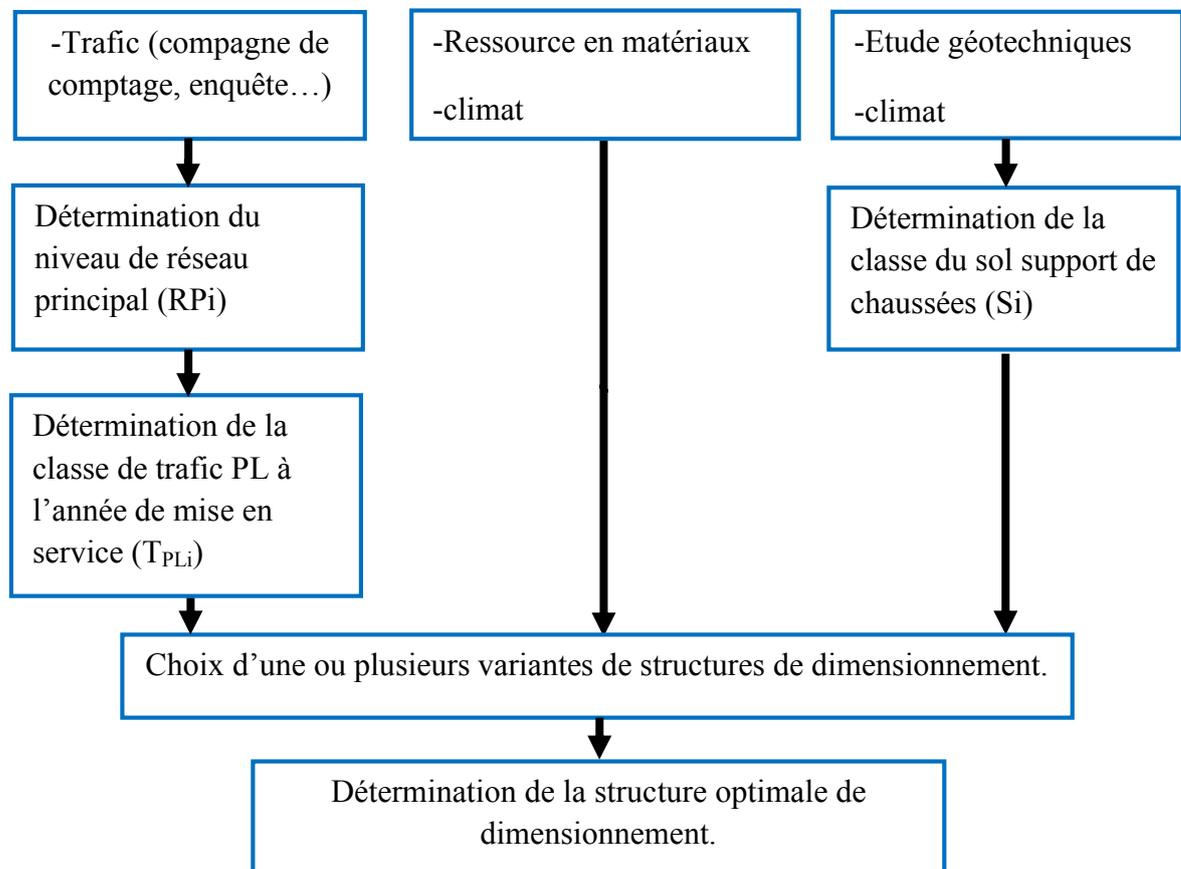


Figure VI. 4 : La démarche de catalogue.

VI).5 Application au projet :

Pour notre projet, nous optons pour l'application de deux méthodes (**CBR, Catalogue Algérien de dimensionnement**) expliquées plus haut et les comparer afin d'obtenir le corps de chaussée le plus adéquat.

VI).5.1 Méthode CBR : (Méthode empirique) :

Le trafic moyen :	$TJMA_{2007} = 4880 \text{ V / J}$
L'année de mise en service :	2015
Le pourcentage (%) des poids lourds :	$Z = 15\%$
Taux d'accroissement annuel :	$\tau = 4\%$
La durée de vie estimée :	20ans
Indice CBR :	5

Rappel :

Le trafic à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées c'est le trafic poids lourd sur la voie la plus chargée de la chaussée.

Répartition transversale du trafic :

- ✓ Chaussée unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ✓ Chaussée unidirectionnelles à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ✓ Chaussée bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL.
- ✓ Chaussée bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

$$\left. \begin{aligned} TJMA_{2015} &= 4880 \times (1 + 0.04)^8 = 6678 \text{ v/j} \\ TJMA_{2035} &= 6678 \times (1 + 0.04)^{20} = 14632 \text{ v/j} \end{aligned} \right\} \text{ Déjà calculé dans le chapitre III.}$$

Pour le trafic poids lourd de notre route, elle est classée comme bidirectionnelle à deux voies : répartition du trafic **50%** sur chaque voie.

Ce qui correspond à :

$$N_{20\text{ans}} = TJMA_{2035} = 14632 \times 0.15 \times 0.50 = 1097 \text{ v/j/voie} \quad (\text{dans } 20^{\text{ans}}).$$

a. Calcul de l'épaisseur équivalente :
$$e_{\text{eq}} = \frac{100 + \left[\sqrt{P} \times \left[(75 + 50) \times \log \frac{N}{10} \right] \right]}{I_{\text{CBR}} + 5}$$

Avec :

- ✓ **P** : Charge par roue $P = 6.5 \text{ t}$ (essieu 13t).
- ✓ **Log** : Logarithme décimal.
- ✓ e_{eq} : épaisseur équivalent.

$$\text{Donc : } e_{\text{eq}} = \frac{100 + \left[\sqrt{6.5} \times \left[(75 + 50) \times \log \frac{1097}{10} \right] \right]}{5 + 5} = 75.01 \text{ cm} \cong e_{\text{eq}} = 75 \text{ cm}$$

Avec : $e_{eq} = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$

- ✓ e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
- ✓ e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- ✓ e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

b. Les coefficients d'équivalences des matériaux utilisés :

Lorsque le corps de chaussée est composé de différents matériaux leurs coefficients d'équivalence aussi sont différents. Et ils sont comme suite :

- ✓ couche de roulement BB : $a_1 = 2.00$
- ✓ couche de base GB : $a_2 = 1.50$
- ✓ couche de fondation GC : $a_3 = 1.00$

Dans notre calcul on fixe l'épaisseur de la couche de roulement et celle de base, et puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On fixe : \longrightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{-Couche de roulement en BB=8cm.} \\ \text{-Couche de base en GB= 18cm.} \end{array} \right.$

$$\begin{cases} e_{eq} = 2 \times 8 + 1.5 \times 18 + 1 \times e_3 \\ 75 = 18 + 27 + (1 \times e_3) \end{cases} \longrightarrow e_3 = \frac{75 - (12 + 21)}{1} = 30 \text{ cm}$$

Ce qui donne que la fondation est égale à : $e_3 = 30 \text{ cm}$

➤ **On conclut que :**

- L'épaisseur réelles est de : $8(\text{BB}) + 18(\text{GB}) + 30(\text{GC}) = 56\text{cm.}$
- L'épaisseur équivalente est de : $18(\text{BB}) + 27(\text{GB}) + 30(\text{GC}) = 75\text{cm.}$

VI).5.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

a. Détermination du type de réseau :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

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

Tableau VI. 4 : Type de réseau principal.

- ✓ Dans notre projet on a : $TJMA_{2015} = 6678 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$
- ✓ Donc le réseau principal est de niveau est de : **RP1**

b. Choix des structures types par niveau de réseau principal :

D’après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur une structure de type : **GB/GNT** (chaussée souple).

Niveau de réseau	Matériaux type	Structures
RP1	MTB (traités au bitume)	GB/GB.GB/GNT. GB/TUF
	MTLH (traités aux liants hydrauliques)	GL/GL .Bcg/GC
RP2	MNT (non traités)	GNT/GNT TUF/TUF
	MTB (traités au bitume)	SB/SG

Tableau VI. 5 : Choix des structures types par niveau de réseau principal.

D’après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur la fiche structure :

➤ N° 2 traités au bitume → GB/GNT.

c. Détermination de la classe de trafic :

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

Avec la classe TPL_i pour RP1 :

TPL _i	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau VI. 6 : Classe du trafic.

D’après : **TJMA₂₀₁₅ = 6678 v/j**

On calcul : $N_{PL} = \frac{6678}{2} \times 0.15 = 500 \text{ PL/j/sens.}$

D’après le classement donné par le tableau ci-dessus, notre trafic est classé en : **TPL₄** (entre 300 et 600).

d. Détermination de la portance de sol support de chaussée :

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifié maximal, les différentes catégories sont données par le (tableau VI. 3) qui indique les classes de sols.

e. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \text{ CBR} \dots\dots \text{ (VI. 3)}$$

Classes de sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	> 200

Tableau VI. 7 : Classe de portance de sol supports.

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPa)}$.

$25 < 50 \longrightarrow$ la classe de portance de sol support est de S₃.

f. Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (S₃ en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptable et d'utiliser le catalogue qui préconise le sol de classe S₁ et S₂.

Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

CBR = 5 .D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de : **S₃**. **Amélioration de la portance du sol support :**

Portance de sol	Matériau de CF.	Epaisseur de CF.	Portance visée
< S ₄	Non traité	50cm (2 couches)	S ₃
S ₄	Non traité	35cm	S ₃
S ₄	Non traité	60cm (2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	40cm (2 couches)	S ₂
S ₃	Non traité	60cm (2 couches)	S ₁

Tableau VI. 8 : portance du sol support.

Remarque :

- ✓ Nous avons choisi le matériau non traité pour des conditions économiques.
- ✓ Le cas de sols de faible portance (**S₃ en RP1**), le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables et on a adopté une portance visée de **S₂** par la mise en œuvre d'une couche de forme de 40cm de « MNT » (étalé en deux couches).c'est ta dire obtenir un CBR compris entre 10 à 25. (Tableau VI.7).

g. Détermination de la zone climatique :

Les différentes zones climatiques de l'Algérie motionnée dans le tableau ci-après

D'après le tableau ci-dessous notre projet se situe au nord avec une pluviométrie de : (800-900mm) /ans ce qui est > 600mm /ans, donc notre zone climatique est : **zone I**

- ✓ Durée de vie : 20Ans
- ✓ Taux de d'accroissement : 4%

Zone climatique	Pluviomètre (mm /ans)	Climat	T_{eq} (°)	Région
I	> 600	très humide	20	Nord
II	350-600	humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	< 100	aride	30	Sud

Tableau VI. 9 : Les zones climatiques.

h. Choix de dimensionnement :

Avec les données citées plus haut :

- ✓ Réseau principal (RP1).
- ✓ Taux d'accroissement (4%).
- ✓ La zone climatique I.
- ✓ Durée de vie de 20 ans.
- ✓ Portance de sol (S2).
- ✓ Classe de trafic (TPL4).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (catalogue-fascicule 3 page 13) propose la structure suivante :

- ✓ Couche de roulement : BB = 6 cm.
- ✓ Couche de base : GB = 15 cm.
- ✓ Couche de fondation : GNT = 35 cm
- ✓ Couche de forme : TUF= 40cm.

VI).5.3 Mode de fonctionnement pour le type de structure :

ϵ_t : déformation de traction par flexion a des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : déformation verticale sur le sol support.

VI).5.4 Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) :

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie).Il est donnée par formule du catalogue suivante :

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

On a :

- ✓ Taux d'accroissement géométrique pris égal à (i=0.04), dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Durée de vie égal à (n=20ans), (catalogue-fascicule 2, page 13, tableau 4).
- ✓ Coefficient d'agressivité du PL : A = 0.6 (catalogue-fascicule 2, page 17, tableau 11).

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

Avec : $NPLi = 500 \text{ PL/j/sens}$.

$$TCi = 500 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times 365 = 5.43 \times 10^6 \longrightarrow TCi = 5.43 \times 10^6$$

Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

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

$$TCEi = (5.43 \times 10^6) \times 0.6 = 3.26 \times 10^6$$

$$\longrightarrow TCEi = 3.26 \times 10^6$$

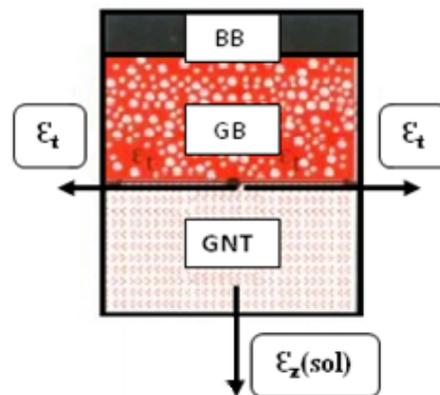
VI).5.5 Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\epsilon_{z, adm}$) :

La déformation verticale ϵ_z calculée par le modèle **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible $\epsilon_{z, adm}$ qui est donnée par une relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

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

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (3.26 \times 10^6)^{-0.235} = 6.48 \times 10^{-4}$$

$$\longrightarrow \epsilon_{z, adm} = 6.48 \times 10^{-4}$$



Remarque :

- ✓ Pour chaque classe de trafic (TCEi), il correspond une valeur de $\epsilon_{z, adm}$.
- ✓ La vérification $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traités, car c'est le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- ✓ Dans le cas des chaussées traitées au bitume et aux liants hydrauliques, la pression sur le sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$ sera pratiquement toujours vérifié.

VI.5.6 Calcul de la déformation admissible de traction ($\epsilon_{t,amd}$) à la base des couches bitumineuses :

$$\epsilon_{t,amd} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

- ✓ $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{HZ})$: déformation limite obtenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essais de fatigue).
- ✓ **Kne** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supports par la chaussée.
- ✓ **K θ** : facteur lié à la température.
- ✓ **Kr** : facteur lié a au risque et aux dispersions.
- ✓ **Kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

Comme on a :

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b ; \quad K\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} ; \quad \text{Avec : } Kr = 10^{-tb\delta}$$

D'où :
$$\epsilon_{t,amd} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) \times \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz})}{E(\theta_{eq}, 10\text{Hz})}} \times 10^{-tb\delta} \times Kc$$

Avec :

TCEi : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13t sur une durée de vie considérée.

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

E(θ_{eq}): Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée.

δ : f (dispersion) $\longrightarrow \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).

c : coefficient égal à 0.02

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

D'après le tableau 13 du catalogue-fascicule 2, page 18 :

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

✓ $b = -0.146 : \left(\frac{-1}{b} = 6.84 \rightarrow b = \frac{-1}{6.84} \rightarrow b = -0.146\right)$

✓ $E(10^\circ\text{C}, 10\text{Hz}) = 12500\text{MPa} ; E(\vartheta_{\text{eq}}, 10\text{Hz}) = 700\text{MPa}$

✓ $SN = 0.45$ (GB).

✓ $Sh = 3\text{cm}$ (GB).

✓ c : coefficient égal à 0.02.

✓ $Kc = 1.3$ (GB).

➤ $Kne = \left(\frac{3.26 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.841 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{Kne = 0.841}$

➤ $K\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.336 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{K\theta = 1.336}$

➤ $\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.609 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{\delta = 0.609}$

➤ **calcul de ($Kr = 10^{-tb\delta}$)** : D'après le catalogue-fascicule 2, page 20, tableau 16 :

➤ $t = 1.036$: (r = 15%).

➤ $Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{(-1.036) \times (-0.146) \times 0.609} = 1.236 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{Kr = 1.236}$

➤ $\epsilon_{t,\text{adm}} = 100 \times 10^{-6} \times 0.841 \times 1.336 \times 1.236 \times 1.3 = 1.80 \times 10^{-4}$

$\longrightarrow \quad \mathbf{\epsilon_{t,\text{adm}} = 1.80 \times 10^{-4}}$

✚ Calcul automatique : vérification du dimensionnement

➤ **à l'aide du logiciel ALIZÉ III**

Les déformations admissibles du sol support et à la base de GB sont :

✓ $\epsilon_{z,adm} = 6.48 \times 10^{-4}$

✓ $\epsilon_{t,adm} = 1.80 \times 10^{-4}$

La structure de la chaussée devra satisfaire à la condition (essai de simulation) pour les matériaux traité au bitume : $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$ et $\epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$ où ϵ_z et ϵ_t peuvent être déterminés à partir d'un calcul automatique avec le logiciel ALIZÉ III.

✚ Principe du programme ALIZÉ III :

ALIZÉ III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée. PARIS (1975) il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de la structure de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan.

La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

La modélisation de la structure est donnée par le tableau suivant :

	épaisseur de la couche e (cm)	module de Young E(MPa)	coefficient de poisson (ν)
couche de roulement en BB	6	4000	0.35
couche de base en GB	15	7000	0.35
couche de fondation en GNT	15	500	0.25
	20	500	0.25
couche de forme en TUF	20	500	0.25
	20	500	0.25
sol support	infinie	25	0.35

Tableau VI. 10 : La modélisation de la structure.

a. Résultats de calcul de (ϵ_z, ϵ_t) par ALIZÉ III :

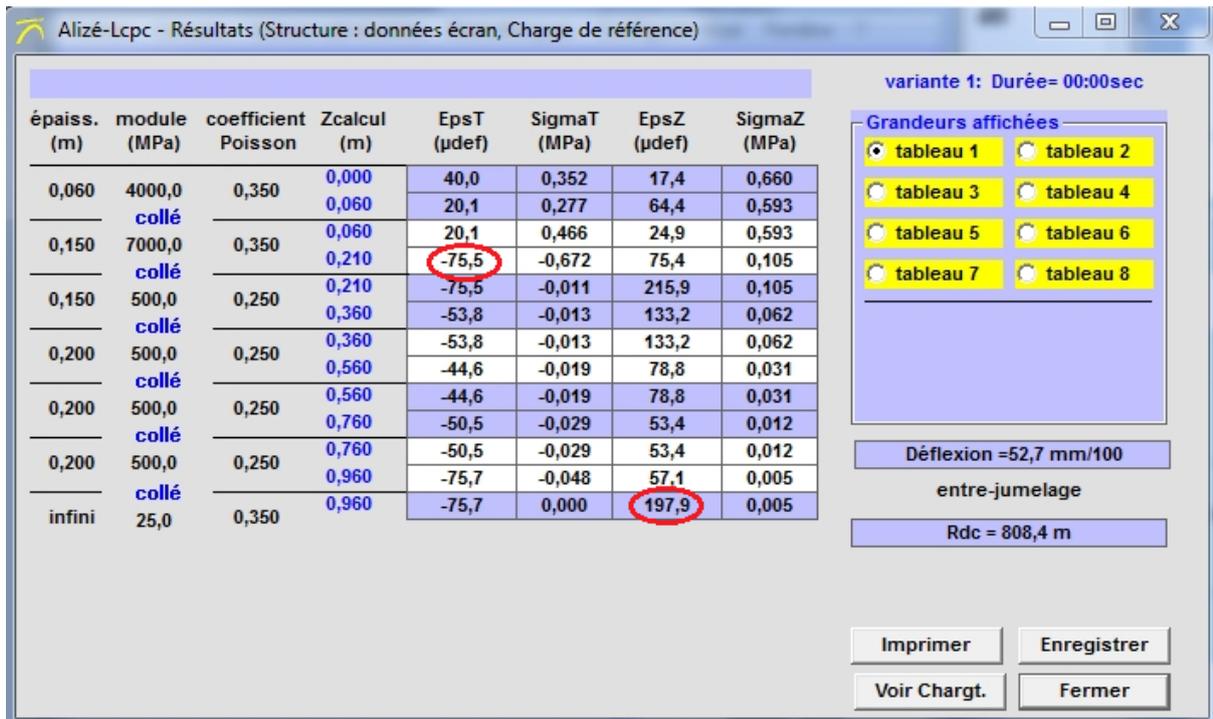


Figure VI. 5 : Résultats donnés par le logiciel Alize.

b. Résultats de la simulation :

	Déformation calculé (Alizé)	Déformation admissibles
ϵ_z (sol support)	$197,9 \times 10^{-6}$	648×10^{-6}
ϵ_t (à la base de GB)	$75,5 \times 10^{-6}$	180×10^{-6}

Tableau VI. 11 : Résultats de la simulation.

La structure 6BB +15GB + 35 GNT+ 40 TUF, est donc vérifié.

Puisque : $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$ et $\epsilon_t < \epsilon_{t,amd}$

c. Tableau récapitulatif des résultats des deux méthodes :

Matériau de la couche	CBR	Matériau de la couche	CTTP
BB	8	BB	6
GB	18	GB	15
GC	30	GNT	35
Σ	56	Σ	56

Tableau VI. 12 : Résultats des deux méthodes (CBR, CTTP).

VI).6 Conclusion :

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement des chaussées, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur égal à la méthode dite CBR.

Mais la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées étant une méthode importante qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- ✓ Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays.
- ✓ Elle tient compte des ressources en matériaux disponibles pour chaque région.
- ✓ Elle donne ainsi la possibilité au projecteur de faire un choix entre plusieurs variantes des structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

➤ Alors le corps de chaussée de notre projet sera dimensionné comme suit :

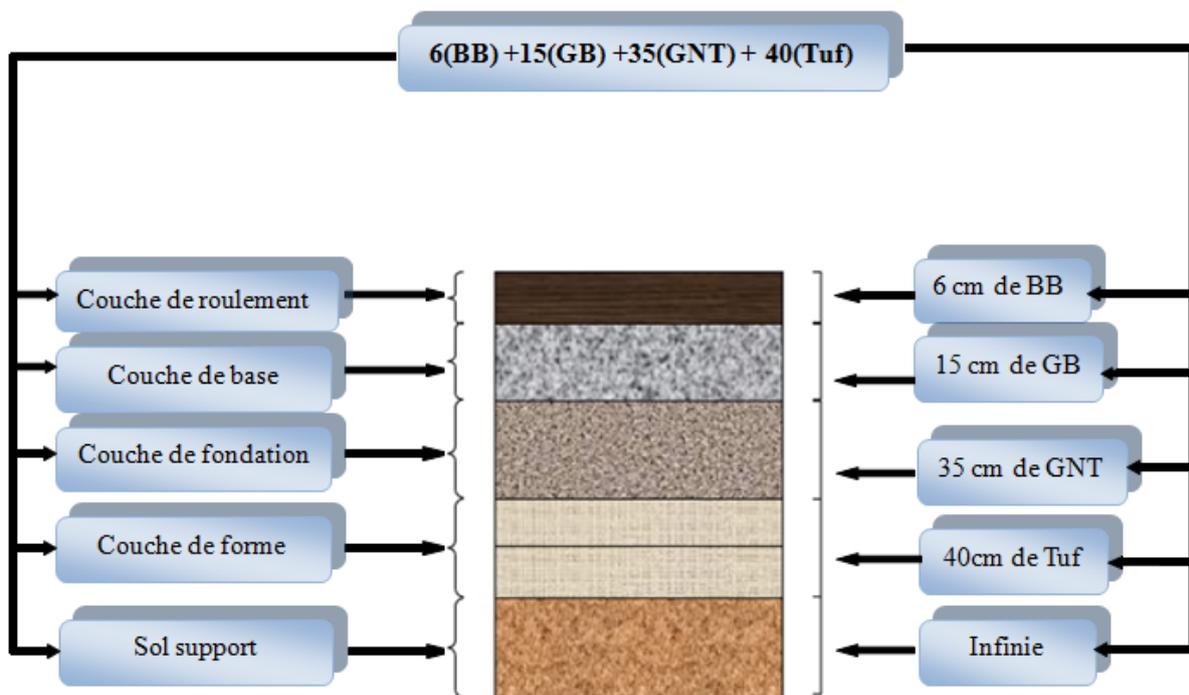


Figure VI. 6 : Schéma des différentes couches.

VII).1 Étymologie :

Le mot carrefour vient de base latine *quadrifurcus*, qui a quatre fourches ou divisions, lui-même venant de *quadri*, quatre, et *furca*, fourche.

VII).2 Définition :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

VII).3 Les différents types des carrefours :

- a. **Carrefour à trois branches (en T) :** c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.
- b. **Carrefour à trois branches (en Y) :** c'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique.
- c. **Carrefour à quatre branches (en croix) :** c'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).
- d. **Carrefour giratoire :** c'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.



Carrefour en T



Carrefour en Y



Carrefour en croix



Carrefour giratoire

Figure VII.1 : Les différents types des carrefours

VII).4 Données utiles à l'aménagement d'un carrefour :

Le choix d'aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- ✓ La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le future.
- ✓ Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- ✓ Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- ✓ Le respect de l'homogénéité de tracé.
- ✓ La surface neutralisée par l'aménagement.
- ✓ L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.

VII).5 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :

- ✓ Les cisaillements doivent se produire sous un angle de $90^\circ \pm 20^\circ$ à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et d'appréciation des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- ✓ Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- ✓ Regrouper les points d'accès à la route principale.
- ✓ Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- ✓ Donner une importance aux signalisations horizontales et verticales.
- ✓ Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

VII).6 La Visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- ✓ Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- ✓ Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

VII).7 Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommet :

- ✓ Le point de conflit
- ✓ Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

VII).8 Géométrie des composantes du giratoire :**a. L'îlot central :**

Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire car la sécurité est meilleure sur les girations circulaires. En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m est en général suffisante.

b. La chaussée annulaire :

Elle ne doit pas être considérée comme une chaussée unidirectionnelle à 2 ou 3 voies séparées par un marquage qui assure une affectation, mais comme une voie unique, assez large pour permettre la giration aisée des poids lourds notamment.

La chaussée annulaire doit présenter un devers uniforme de 1.5% à 2% sa pente dirigée vers l'extérieur de carrefour pour :

- ✓ Éviter la rupture de pentes sur les voies d'entrée et de sortie.
- ✓ Faciliter la gestion de l'écoulement des eaux de surface.
- ✓ Améliorer la perception de la chaussée annulaire.

c. La voie d'entrée :

C'est un couloir d'insertion au carrefour annulaire il est aménagé à une seule voie sauf lorsque la capacité calculée rend nécessaire la création d'une autre voie.

Pour les largeurs des voies il est recommandé de prendre selon le rayon de giratoire :

- ✓ Une largeur de 4 m pour les entrées à une seule voie.
- ✓ Une largeur de 7 m pour les entrées à deux voies.

d. La voie de sortie :

C'est un couloir de sortie de la chaussée annulaire il est aménagé en une seule voie sauf lorsqu'on a un trafic important, ou on est obligé de créer une autre voie.

Les valeurs pour le dimensionnement du couloir de sortie sont les suivantes :

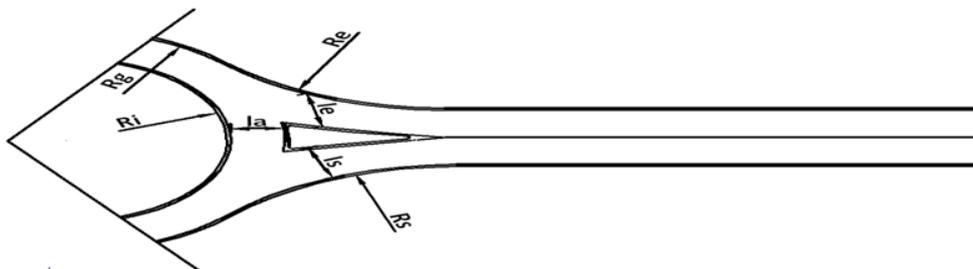
- ✓ Une largeur de 4 à 5 m pour les sorties à une seule voie.
- ✓ Pour les sorties à 2 voies est de 7 m.

VII).9 Les différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie en fonction de rayon de giratoire :

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (m)	
Rayon du giratoire	Rg	$12 \text{ m} \leq Rg \leq 25 \text{ m}$	12	15
Largeur de l'anneau	la	$6 \text{ m} \leq la \leq 9 \text{ m}$	7	7
Sur largeur franchissable	slf	$1.5 \text{ m si } Rg \leq 15 \text{ m}$	1.5	1.5
Rayon intérieur	Ri	$Rg - la - slf$	3.5	6.5
Rayon d'entrée	Re	$10 \text{ m} \leq Re \leq 15 \text{ m et } \leq Rg$	12	15
Largeur de la voie entrante	le	$le = 4 \text{ m}$	4	4
Rayon de sortie	Rs	$15 \leq Rs \leq 30 \text{ m, et } > Ri$	15	20
Largeur de la voie sortante	ls	$4 \text{ m} \leq ls \leq 5 \text{ m}$	4	4
Rayon de raccordement	Rr	$Rr = 4Rg$	48	60

Tableau VII. 1 : les paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie.

- Le schéma ci-dessous donne un exemple de construction des voies d'entrée et de sortie.



✚ Les îlots séparateurs :

L'îlot séparateur a généralement la forme d'un triangle (son dessin est réalisé à partir d'un triangle dit de «**construction**»).

Les îlots séparateurs remplissent divers fonctions principales comme :

- ✓ En situation d'approche, ils favorisent la perception du carrefour.
- ✓ Ils offrent une surface séparant les mouvements entrants et sortants, ils permettent d'éviter des collisions entre les deux sens de circulation.
- ✓ Ils permettent l'implantation de la signalisation de direction.
- ✓ Enfin, ils évitent les « prises à contre sens » de l'anneau...etc.

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

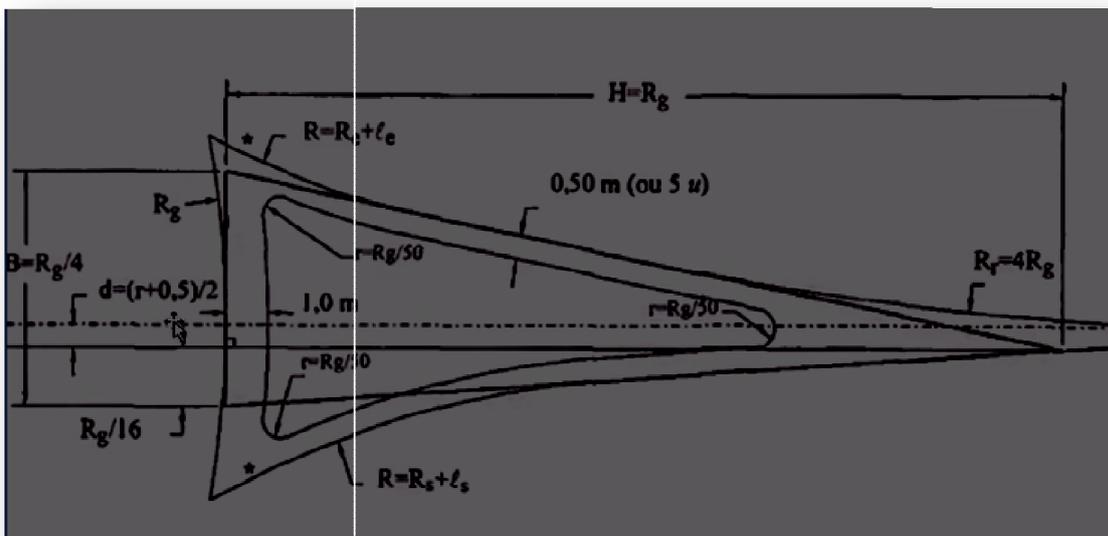
- ✓ Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : **1m**.

- ✓ Décalage de l'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : **1m**.
- ✓ Rayon en tête d'îlot séparateur : **0.5 m à 1m**.
- ✓ Longueur de l'îlot : **12 m à 30 m**.
- Le tableau ci-dessous récapitule les différents paramètres de construction des îlots séparateurs.

	Notations	Paramétrage	Valeurs	
Rayon du giratoire	R_g	/	< 15	15
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	12 -15	15
Base du triangle de construction	B	$B = R_g / 4$	3-3.75	3.75
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0.5 + R_g / 50) / 2$ ou 0	0	0.40
Rayon de raccordement des bordures	r	$R = R_g / 50$	0.25	0.30

Tableau VII. 2 : les paramètres de construction des îlots séparateurs.

- Le schéma ci-dessous donne un exemple de construction d'un îlot séparateur.



VII).10 Description des carrefours de notre projet :

✚ Application au projet :

Dans le cadre de l'étude de projet, nous avons opté pour le choix de quatre carrefours différents qui sont : (deux carrefours giratoire ; carrefour en croix ; carrefour en T) comme type d'aménagement et cela dans le but d'assurer une compatibilité entre les aménagements existants sur le chemin qui mène à la route, ainsi que pour répondre au besoin de trafic, tout en assurant le confort et la sécurité aux usagers de cette nouvelle route.

a. Carrefour giratoire au PK 0+000 :

Il s'agit d'un carrefour giratoire qui se situe à l'intersection de la route national n° 30 et le chemin communal au PK 0+000, c'est un carrefour giratoire à quatre branches de (2 × 1) chacune, avec sens bidirectionnelle.

Rayon de giration extérieur Rg (m)	Rayon de giration intérieur Rgi (m)	Largeur de chaussée annulaire (m)
12	3.5	7

Tableau VII. 3 : Caractéristiques géométriques de l'anneau au PK 0+000.

	Rayon d'entrée (m)	Largeur de la voie d'entrée (m)	Rayon de sortie (m)	Largeur de la voie de sortie (m)
Branche 1 (BENI YENNI)	12	4	15	4
Branche 2 (c.c AIT HELLAL)	12	4	15	4
Branche 3 (ville d'OUADHIA)	12	4	15	4
Branche 4 (projet de déviation)	12	4	15	4

Tableau VII. 4 : Caractéristiques géométriques des branches au PK 0+000.

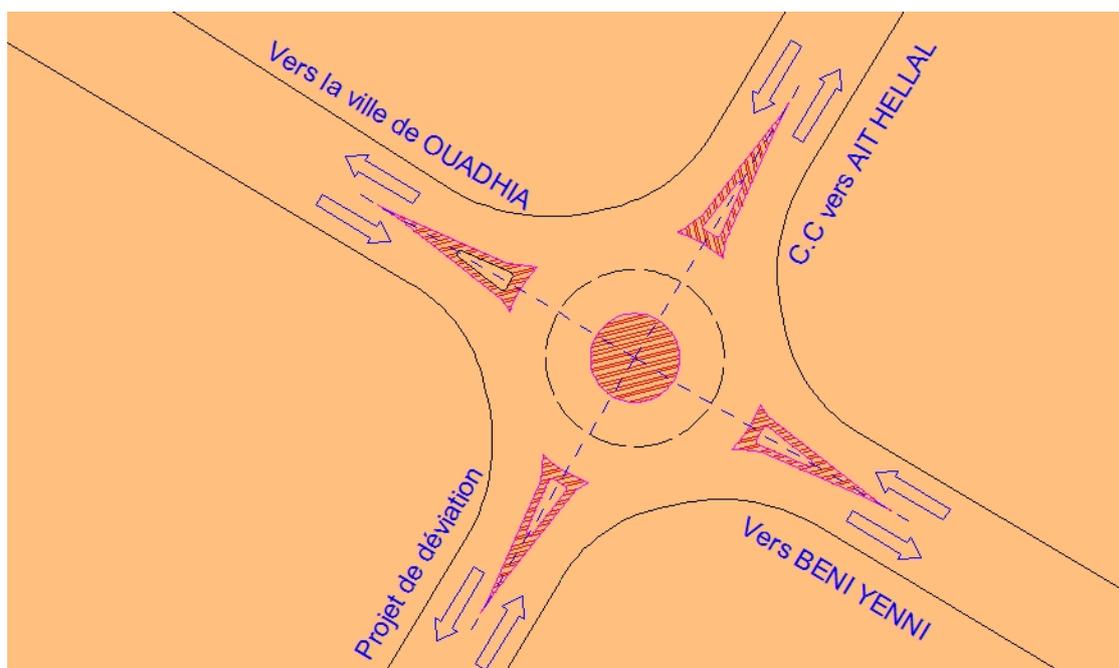


Figure VII. 2 : Carrefour giratoire avec quatre branches au PK 0+000.

b. Carrefour giratoire au PK 1+720 :

Il s'agit d'un carrefour giratoire qui se situe à l'intersection de la déviation et le chemin wilaya n° 11 au PK 1+720, c'est un carrefour giratoire à quatre branches de (2 × 1) chacune, avec sens bidirectionnelle.

Rayon de giration extérieur Rg (m)	Rayon de giration intérieur Rgi (m)	Largeur de chaussée annulaire (m)
15	6.5	7

Tableau VII. 5 : Caractéristiques géométriques de l'anneau au PK 1+720.

	Rayon d'entrée (m)	Largeur de la voie d'entrée (m)	Rayon de sortie (m)	Largeur de la voie de sortie (m)
Branche 1 (RN30)	15	5	20	5
Branche 2 (CW11)	15	4	20	4
Branche 3 (AKEROU TIGUEZRINE)	15	5	20	5
Branche 4 (TIZI GUEMOUN)	15	4	20	4

Tableau VII. 6 : Caractéristiques géométriques des branches au PK 1+720.

➤ **Voie directe de tourne-à-droite :**

Dans notre cas on a prévu une bretelle de tourne à droite directe vers le chemin wilaya n° 11 vue l'importance du trafic qui empreinte cette direction, notamment du poids lourds (Industrielle).

Le rayon minimum de la voie directe de tourne à droite doit être au moins égal à quarante mètres.

Le schéma ci-dessous montre le carrefour giratoire avec une voie directe de tourne à droite :

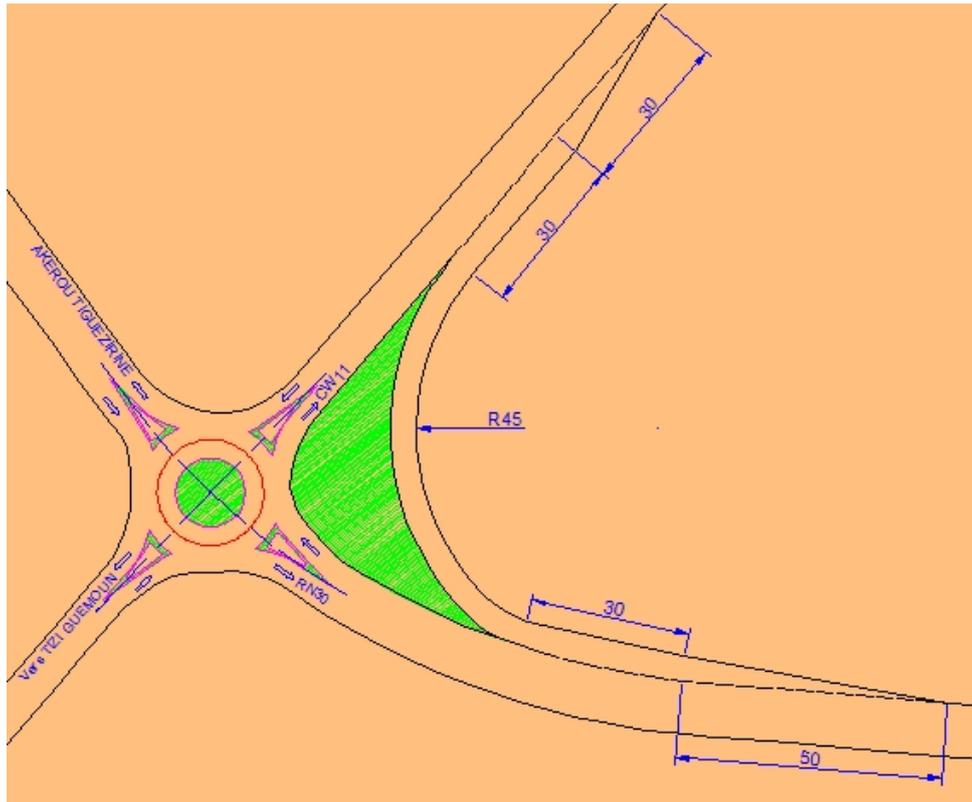


Figure VII.3 : Carrefour giratoire avec quatre branches au PK 1+720.

✓ Dans notre cas la longueur de la bretelle : $L_b = (50+30) = 80$ m et $R = 45$ m.

c. Carrefour en croix au PK 3+660 :

C'est un carrefour en croix qui se situe à l'intersection de la déviation et le chemin communal au PK 3+660, c'est un carrefour à quatre branches de 2×1 chacune, avec sens bidirectionnelle et îlot séparateur sur chemin communal.

	Rayon d'entrée (m)	Largeur de la voie d'entrée (m)	Rayon de sortie (m)	Largeur de la voie de sortie (m)
Branche 1 (AKEROU TIGUEZRINE)	12	5	15	5
Branche 2 (chemin communal)	12	4	15	4
Branche 3 (RN30)	12	5	15	5
Branche 4 (TIZI BOUMELIL)	12	4	15	4

Tableau VII. 7 : Caractéristiques géométriques des quatre branches au PK 3+660.

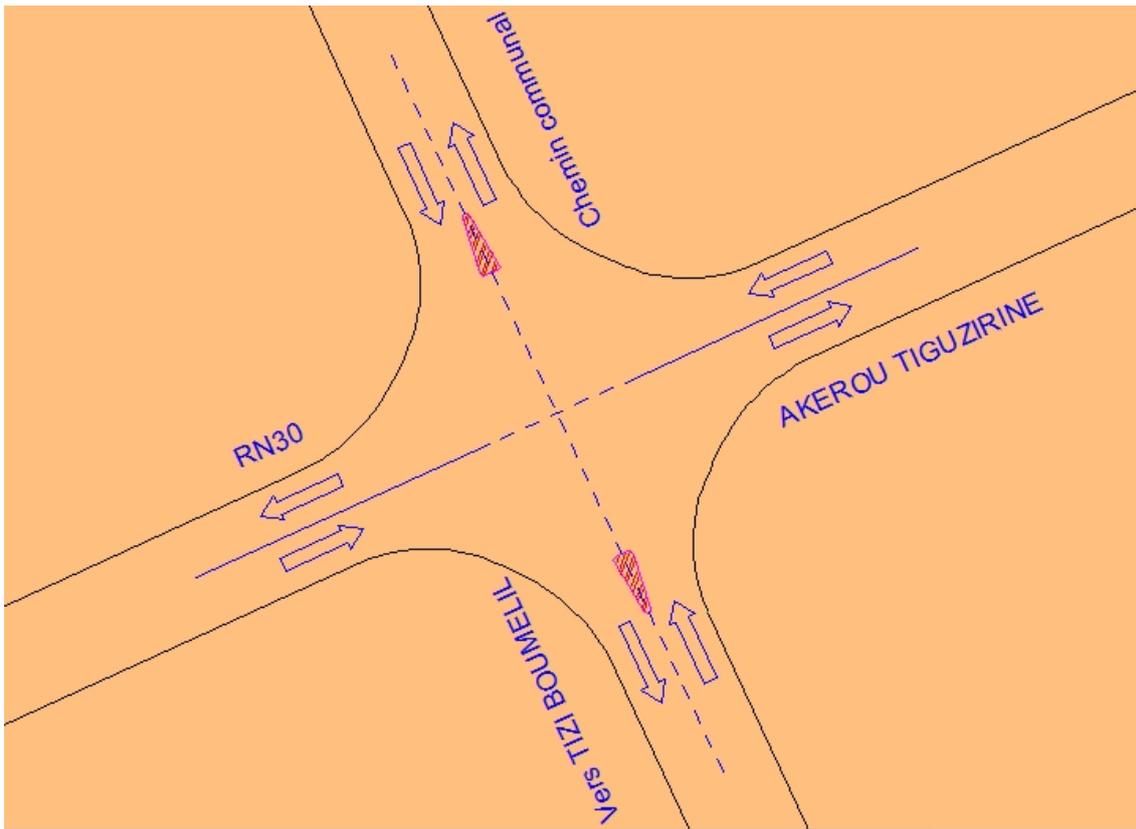


Figure VII. 4 : Carrefour en croix avec quatre branches au PK 3+660.

d. Carrefour en T au PK 6+037 :

C'est un carrefour en T qui se situe au croisement de la déviation et la route national n°30 au **PK 6+037**, c'est un carrefour à trois branches de 2×1 chacune, avec sens bidirectionnelle.

Rayon d'entrée (m)	Largeur de la voie d'entrée (m)	Rayon de sortie (m)	Largeur de la voie de sortie (m)
12	4	15	4

Tableau VI. 8 : Caractéristiques géométriques des trois branches au PK 6+037.

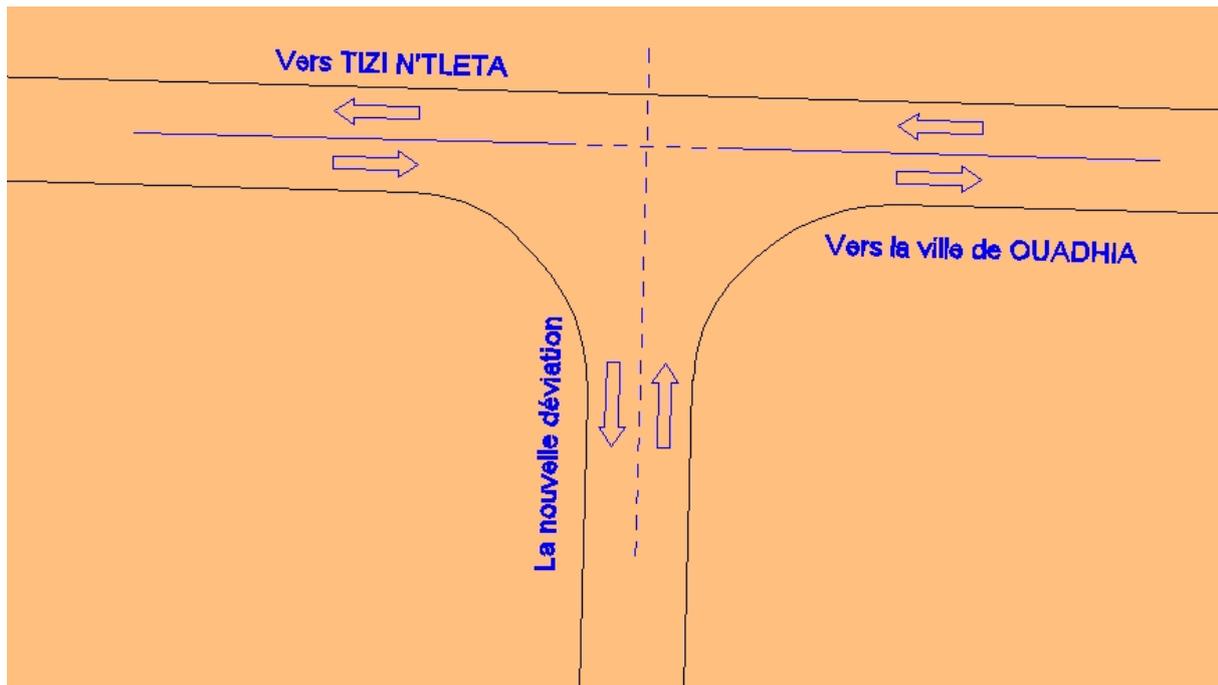


Figure VII. 5 : Carrefour en T avec trois branches au PK 6+037.

VIII).1 Introduction :

La réalisation d'un ouvrage en génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lesquels l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue :

- Soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle « les cubatures des terrassements »

VIII).2 Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

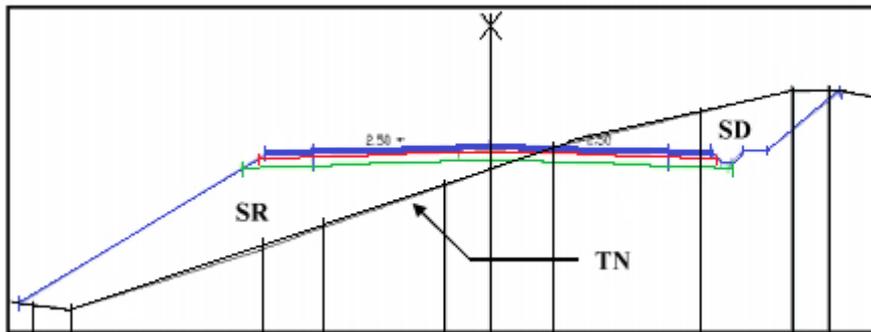
- ✓ Les profils en long.
- ✓ Les profils en travers.
- ✓ Les distances entre les profils.

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

VIII).3 Méthode de calcul des cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate-forme de voie (une fois tous les 20 m et à chaque point de changement de déclivité) de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel.

Nous considérons sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe).



TN : terrain naturelle.

SD : surface déblai.

SR : surface remblai.

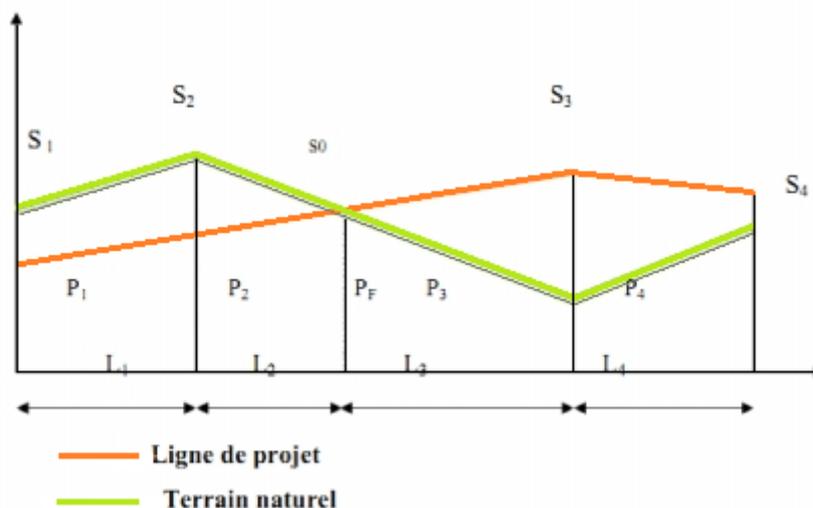
Le travail consiste à calculer les surfaces des déblais et des remblais (SD et SR) pour chaque profil en travers et en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

VIII).3.1 Formule de SARRAUS :

Cette méthode consiste à calculer séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant **la formule des trois niveaux**.

Le volume V compris entre S1 et S2 est égale à :

$$V = \frac{h}{6} (S_1 + S_2 + 4S)$$



P_F : profil fictif, c'est le profil où le volume des terrassement est nul.

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2 .

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2).

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P_1 et P_2 de la surface S_1 et S_2 sera :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour un calcul plus simple on considère que : $S_{moy} = \frac{S_1+S_2}{2}$

D'où : $V_1 = L_1 \frac{(S_1+S_2)}{2}$

Entre P_1 et P_2 : $V_1 = L_1 \frac{(S_1+S_2)}{2}$

Entre P_2 et P_F : $V_2 = L_2 \frac{(S_1+0)}{2}$

Entre P_F et P_3 : $V_3 = L_3 \frac{(0+S_3)}{2}$

En additionnant membres à membres ces expressions on aura le volume total des terrassements :

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

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en pratique. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles.

Ou : $\frac{L_1}{2}, \frac{(L_1+L_2)}{2}, \dots, \dots, \dots$, ect.....sont appelées : **les longueurs d'application**.

VIII).3.2 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VIII).3.3 Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au croit du profil concerné.

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

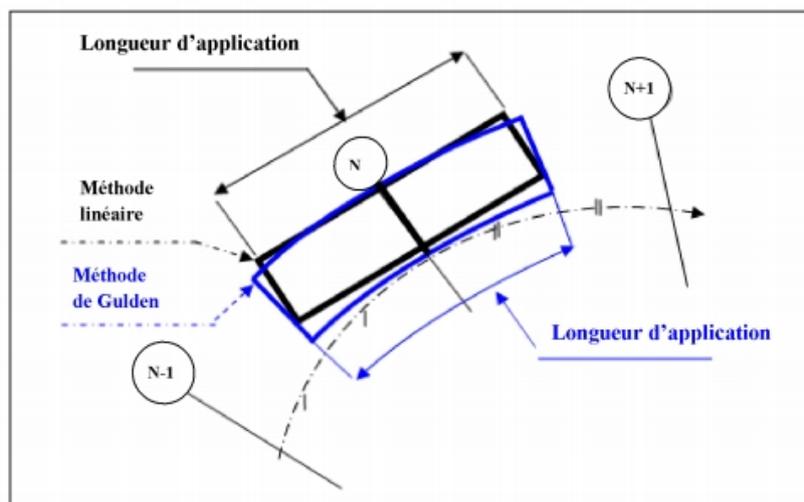


Figure VIII. 1 : Exposés des méthodes.

VIII).4 Application au projet (Cubatures de terrassement) :

La méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN.

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel « piste +5 » et les résultats obtenus sont joints en annexes.

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

- Le volume des déblais : $V_d = 3409967 \text{ m}^3$
- Le volume des remblais : $V_r = 326012 \text{ m}^3$

IX).1 Introduction :

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tels que les problèmes d'inondations suivantes :

- ✓ Glissement des terrains.
- ✓ Problèmes d'érosion.
- ✓ Stabilité des talus.
- ✓ Dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Dans ce contexte, il faut prévoir un ensemble de dispositifs dans le but de récolter et d'évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est-à-dire :

- a. L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par (des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoles, ect...).
- b. Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).
- c. Les canalisations : ensemble des ouvrage destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambres, cheminées, sacs, ...)

C'est pourquoi l'étude hydraulique, nécessite une parfaite connaissance des données climatiques et pluviales pour la détermination des débits de crues des différentes fréquences (10, 15, et 100 ans) ainsi qu'aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels.

IX).2 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit atteindre les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombantes et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosion.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

IX).3 Définition des termes hydrauliques :

✚ Bassin versant :

C'est un secteur géographique limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

✚ Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites, dites collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

✚ Chambre de visite (cheminée):

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devra pas dépasser **80 à 100 m**.

✚ Sacs :

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés par les eaux superficielles.

✚ Le regard :

Il est constitué d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer au réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autre et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

✚ la période de retour :

La période de retour, **T** en années, d'un événement n'est autre que l'inverse de la probabilité de son occurrence au cours d'une année. Cette probabilité est donc égale à $1 / T$.

Le choix de la période de Retour dépend de l'importance de l'écoulement intercepté par l'ouvrage, du type d'ouvrage projeté et du niveau d'aménagement adopté pour la route étudiée.

IX).4 Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché à donner aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ✓ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, descente d'eau, tête de collecteur et dalot).

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec le moindre coût.

✚ Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ils sont en terre et de section trapézoïdale, ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 % (combiné à la nature des sols en places).

✚ Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

✚ Fossé de pied de talus de remblai :

Les fossés sont en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement), ils sont prévus pour collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

✚ Descentes d'eau :

Lorsque la hauteur des remblais dans les sections d'autoroute dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau.

Elles sont espacées généralement chaque 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%, Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

IX).5 Etude hydrologique :

a. Caractéristique du climat de la région :

La région d'OUADHIA caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide. Le climat est caractérisé par un hiver fort et un été chaud et sec entrecoupé par des orages bruts.

b. Caractéristique des bassins versants :

Il existe quatre bassins versants qui ont été délimité en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état-major à l'échelle 1/25000^{ème} scannées leurs surfaces sont déterminées à l'aide du logiciel d'AUTOcad.

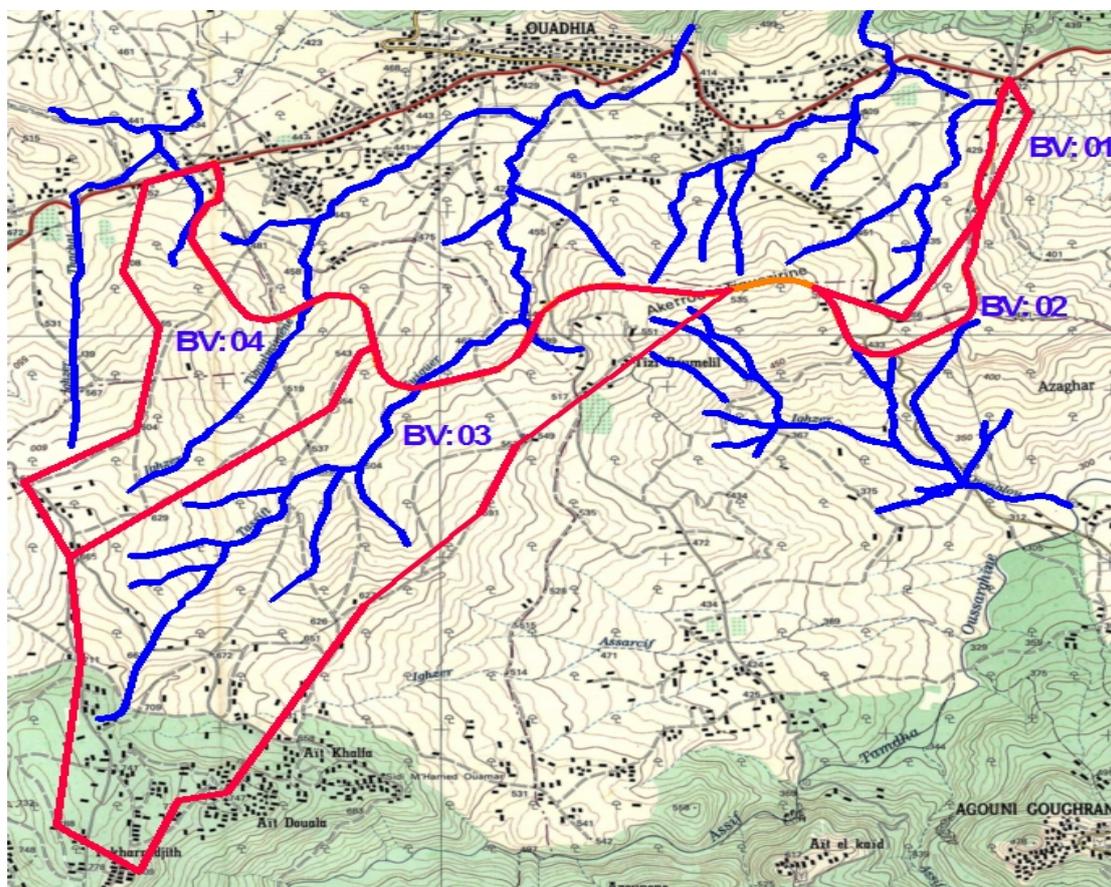


Figure IX. 1 : Les bassins versants de la région d'OUADHIA.

- ✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km².
- ✓ Les longueurs de Thalweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km.
- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du Thalweg par la longueur **L** en m / m.

$$P = \frac{(H_{\max} - H_{\min})}{L}$$

Avec :

L : longueur du Thalweg.

H_{max} : l'altitude maximale de B.V.

H_{min} : l'altitude minimale de B.V.

c. Acquisition des données :

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources hydraulique (**A N R H**). Il s'agit d'observations journalières reportées sur des tableaux de cumuls mensuels (**T C M**). A partir de ces données mensuelles nous avons reconstitué les valeurs de pluies annuelles.

Nous avons travaillé sur la station de BOGHNI représentative de la zone d'étude car c'est la station la plus fonctionnelle et la plus proche de notre site.

d. Pluie moyenne dans la région :

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 700 et 900 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du nord de l'ANRH, j'ai pris en considération la valeur de :

$$P \text{ moyenne} = 740.95 \text{ mm}$$

e. Précipitations journalières :

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles. Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes. En Algérie il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent à une loi de Gumbel.

IX).6 Dimensionnement du Réseau d'assainissement à projeter :

« La méthode rationnelle »

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

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m³/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

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

En tenant compte des surfaces de (chaussée, accotement, talus), qui donne des débits et des coefficients de ruissellement rapportées pour chaque élément donc :

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_a = K.I.C_a.A_a \quad \text{d'où :} \quad Q_{\text{total}} = Q_c + Q_a + Q_t$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$

Avec :

Q_{total} : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

K : Coefficient qui permet la conversion des unités (mm/h en l/s) sa valeur égal à :

$$K = 0.2778$$

I : Intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : Coefficient de ruissellement.

A : Aire du bassin versant (ha).

a. Estimation de débit de saturation (Q_s) :

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme

$$Q_s = K_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Avec :

I : pente de pose de l'ouvrage.

S : section mouillée.

R_h : Rayon hydraulique moyen (m) = (surface mouille / périmètre mouille).

K_{st} : coefficient de Manning Strickler tel que :

- ✓ Paroi en terre : **K_{st} = 30**
- ✓ En buses métalliques **K_{st} = 40**
- ✓ Maçonneries **K_{st} = 50**
- ✓ Bétons (dalots) **K_{st} = 70**
- ✓ Buses préfabriquées **K_{st} = 80**

b. Calcul de la précipitation :

La relation obtenue est la suivante :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} e^{\left(u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}\right)}$$

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

C_v : Coefficient de variation.

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 IX. 1 : Variable de Gauss. (En fonction de la période de retour).

Remarque :

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

c. Le coefficient de ruissellement des bassins versants :

Le coefficient de ruissellement « C » qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) où « C » est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- C_1 : dépend de la pente « P » du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles.
- C_2 : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.
- C_3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

Pente (P) (%)	Coefficient (C_1)
$P \leq 3.5$	0,01 – 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 – 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 – 0,20
$35 < P$	0,22 – 0,30

Tableau IX. 2 : valeurs du Coefficient « C_1 »

Perméabilité du sol	Coefficient (C ₂)
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

Tableau IX. 3 : valeurs du Coefficient « C₂ »

Couverture Végétale	Coefficient (C ₃)
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

Tableau IX. 4 : Valeurs du Coefficient « C₃ »**d. Calcul de fréquence d'averse :**

Pour une durée de ($t_c=15mn=0.25h$), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

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

t_c : Temps de concentration.

P_t : pluie journalière maximale annuel.

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

b : Exposant climatique.

e. 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, et Giadotti comme suit :

- Lorsque : $A < 5 \text{ Km}^2$: $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$
- Lorsque : $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$
- Lorsque : $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$: $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}$

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

Remarque :

- ✓ Dans notre cas on utilise seulement la méthode de VENTURA car tous les bassins versants sont inférieurs à 5km².
- ✓ A partir du temps de concentration et des courbes I.D.F, on tire directement la valeur de l'intensité de pluie.

f. L'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante : $I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$

Avec : I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h : $I = \frac{P_{1\%}}{24}$

$L_{(réc,éq)}$: Longueur du rectangle équivalent :

$$L_{(réc,éq)} = \sqrt{A} \left(\frac{K_{Gi}}{1,12}\right) \left[1 + \left(1 - \frac{1,12}{K_{Gi}}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{et : } K_{Gi} = 0,28 \left(\frac{P_{ér}}{\sqrt{A}}\right)$$

IX).7 Application au projet :

a. Caractéristiques morphologique des bassins versant :

N° BV	Début PK	Surface du BV (HA)	Périmètre (km)	Long (réc,éq) (Km)	linéaire (km)	H _{max} (m)	H _{min} (m)	Pente (%)
01	PK0 +000	5,2	1,473	0,394	0,719	455	433	3,06
02	PK0 +720	14,8	2,515	0,674	1,460	500	433	4,6
03	PK2 +540	277	9,413	2,452	1,839	809	489	17,4
04	PK4 +380	108	6,000	1,569	1,649	665	452	13

Tableau IX. 5 : Caractéristiques des bassins verseaux.

b. Les données pluviométriques de la région :

$$\begin{cases} P_{jmoy} = 61,74\text{mm} \\ C_V = 0,38 \\ b = 0,37 \end{cases}$$

✚ Temps de concentration :

- Pour (BV : 01) : $A = 5.2 \text{ HA} = 0.052 \text{ km}^2$; $P = 3.06\%$
- $A < 5 \text{ km}^2$, donc on applique la formule de VENTURA pour tous les bassins versants.

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.16 \text{ h} \Rightarrow t_c = 9.6 \text{ min}$$

✚ Fréquence d'averse : $P_t(\%) = P_j(\%) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$

On doit calculer les P_j pour 10ans et 50ans car notre projet contient des buses et des dalots non pas des ouvrages pour une période de retour de 100ans comme les ponts.

D'après GALTON, le calcul de la pluie journalier maximal annuel de fréquence donnée s'effectue par la formule suivante :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} e^{\left(u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}\right)}$$

On a : $\begin{cases} P_{j\text{moy}} = 61,74 \text{ mm} \\ C_v = 0,38 \\ u(10\%) = 1,282 \text{ et } u(2\%) = 2,057 \end{cases}$

$$\begin{cases} P_j(10\%) = \frac{61,74}{\sqrt{0,38^2 + 1}} e^{\left(1,282 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}\right)} = 9\,242 \text{ mm} \\ P_j(2\%) = \frac{61,74}{\sqrt{0,38^2 + 1}} e^{\left(2,057 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}\right)} = 122,85 \text{ mm} \end{cases}$$

✚ Intensité de l'averse : $I_t = I\left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$; $b=0.37$

On calcul : $\begin{cases} I(10\%) = \frac{P_j(10\%)}{24} = \frac{9\,242}{24} = 3,85 \text{ mm/h} \\ I(2\%) = \frac{P_j(2\%)}{24} = \frac{122,85}{24} = 5,12 \text{ mm/h} \end{cases}$

Ce qui implique que I_t pour BV : 01 égal à :

$$\begin{cases} I_t(10\%) = 3,85 \left(\frac{0,16}{24}\right)^{0,37-1} = 9\,045 \text{ mm/h} \\ I_t(2\%) = 5,12 \left(\frac{0,16}{24}\right)^{0,37-1} = 120,28 \text{ mm/h} \end{cases}$$

Bassin versant	Temps de concentration T_c (h)	Intensité de l'averse 10% I (mm/h)	Intensité de l'averse 2% I (mm/h)
BV : 01	0,16	90,45	120,28
BV : 02	0,23	71,96	95,70
BV : 03	0,51	43,57	57,95
BV : 04	0,37	53,34	70,93

Tableau IX. 6 : Résultats des T_c et I_t calculé.

✚ Détermination des débits de crue des bassins versants :

- On applique la formule : $Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$
- Pour BV: 01 = $C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,05 + 0,2 + 0,15 = 0,4$

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Bassins versants	C	K	l'intensité de l'averse		Surface A(HA)	Débits de crue	
			I 10 %(mm/h)	I 2 %(mm/h)		Q m ³ /s (10%)	Q m ³ /s (2%)
BV : 01	0,4	0,00278	90,45	120,28	5,2	0,553	0,736
BV : 02	0,45	0,00278	71,96	95,70	14,8	1,332	1,772
BV : 03	0,55	0,00278	43,57	57,95	277	18,453	24,544
BV : 04	0,55	0,00278	53,34	70,93	108	8,808	11,713

Tableau IX. 7 : Résultats débits de crue des bassins versants.

IX).8 Dimensionnement et calage des ouvrages :

Pour notre étude on opte deux types d'ouvrages, à fin d'assurer un drainage efficace sur tout le long de la chaussée.

Les deux types sont comme suit :

- ✓ Des buses qui ont pour but d'assurer l'écoulement souterrain des eaux, pour des volumes faibles.
- ✓ Des dalots pour des volumes d'eau important.

On vérifie que le dimensionnement et le calage des ouvrages choisis fournissent des conditions d'écoulement acceptables :

- ✓ Un écoulement à surface libre.
- ✓ Une vitesse d'écoulement inférieure à 4 m/s.
- ✓ Une hauteur d'eau amont acceptable.
- ✓ Une revanche pour le passage des corps flottants.

IX).8.1 Dimensionnement des fossés :

Le profil en travers hypothétique d'un fossé est donné dans la figure ci-dessous :

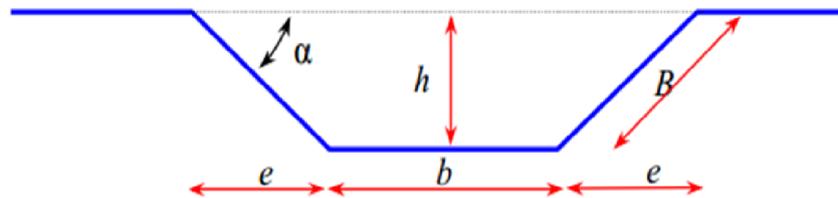


Figure IX. 2 : Les caractéristiques d'un fossé.

Les dimensions des fossés sont obtenues en fonction du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times S_m \times R h^{2/3}$$

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

IX).8.2 Estimation du débit d'apport des chaussées :

$$Q_a = K \cdot I_t \cdot C \cdot A$$

Avec :

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m^3/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I_t : Intensité de la pluie exprimée en mm /h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale à 0.00278.

A : Air (ha).

➤ Le coefficient de ruissellement pour les chaussées :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle, il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtu en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement (sol légèrement perméable)	0,15 à 0,40	0,40
Talus	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

Tableau IX. 8 : valeurs des coefficients de ruissellement.

- Les données pluviométriques de la région :

$$\begin{cases} P_{j\text{moy}} = 61,74\text{mm} \\ C_V = 0,38 \\ b = 0,37 \end{cases}$$

- Calcul de la précipitations :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_V^2 + 1}} e^{\left(u \sqrt{\ln(c_V^2 + 1)}\right)}$$

$$\begin{cases} \text{Pour une période de 10ans} \Rightarrow U = 1,28 \\ \text{Pour une période de 50ans} \Rightarrow U = 2,05 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_j(10\%) = 9\,242\text{mm} \\ P_j(2\%) = 122,85\text{mm} \end{cases} \Rightarrow \text{Déjà calculé au part avant.}$$

IX).8.3 Pour la chaussée :

- Pour la surface de la chaussée :

$$A_{\text{chaussée}} = 7 \times 720 \times 10^{-4} = 0,504\text{HA}$$

- Calcul de temps de concentration :

Tous les bassins versants étant de superficie inferieur a 5 Km², nous utiliserons alors la formule de VENTURA.

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P}} \quad \text{Avec:} \quad P_{\text{chaussé}} = 2.5\%$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.504}{2.5}} \Rightarrow t_c = 0.057\text{h}$$

- Calcul de l'intensité de pluie : $I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$; $b=0.37$

$$\begin{cases} I(10\%) = 3,85\text{mm/h} \\ I(2\%) = 5,12\text{mm/h} \end{cases} \Rightarrow \text{Déjà calculé au part avant.}$$

$$\begin{cases} I_t(10\%) = 3,85 \left(\frac{0,057}{24}\right)^{0,37-1} = 173,3\text{mm/h} \\ I_t(2\%) = 5,12 \left(\frac{0,057}{24}\right)^{0,37-1} = 230,5\text{mm/h} \end{cases}$$

- Débit d'apport de la chaussée :

$$Q_{ach} = K. It. Cc. Ac$$

$$Q_{ach}(10\%) = 0.00278 \times 173,3 \times 0.95 \times 0,504$$

$$\Rightarrow Q_{ach}(10\%) = 0,231 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ach}(2\%) = 0.00278 \times 230,5 \times 0.95 \times 0,504$$

$$\Rightarrow Q_{ach}(2\%) = 0,307 \text{m}^3/\text{s}$$

IX).8.4 Pour l'accotement :

$$A_{accotement} = 1,5 \times 720 \times 10^{-4} = 0,108 \text{HA}$$

- Calcul de temps de concentration :

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{A_{acc}}{P_{acc}}} \quad \text{Avec: } P_{acc} = 4\%$$

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{0.108}{4}} \Rightarrow tc = 0.021 \text{h}$$

- l'intensité de pluie : $I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$

$$\begin{cases} I_t(10\%) = 3,85 \left(\frac{0,021}{24}\right)^{0,37-1} = 325,08 \text{mm/h} \\ I_t(2\%) = 5,12 \left(\frac{0,021}{24}\right)^{0,37-1} = 432,32 \text{mm/h} \end{cases}$$

- Débit d'apport de l'accotement :

$$Q_{aacc} = K. It. Cacc. Aacc$$

$$Q_{aacc}(10\%) = 0.00278 \times 325,08 \times 0.4 \times 0,108$$

$$\Rightarrow Q_{aacc}(10\%) = 0,04 \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{aacc}(2\%) = 0.00278 \times 432,32 \times 0.4 \times 0,108$$

$$\Rightarrow Q_{aacc}(2\%) = 0,05 \text{m}^3/\text{s}$$

IX).8.5 Pour le talus :**➤ Surface du talus :**

$$A_{\text{talus}} = 10 \times 720 \times 10^{-4} = 0,72\text{HA}$$

➤ Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_{\text{ta}}}{P_{\text{ta}}}} \quad \text{Avec : une pente du talus} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} = P_{\text{ta}} = 66\%$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.72}{66}} \Rightarrow t_c = 0.013\text{h}$$

➤ l'intensité de pluie : $I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1}$

$$\begin{cases} I_t(10\%) = 3,85 \left(\frac{0,013}{24}\right)^{0,37-1} = 439,75\text{mm/h} \\ I_t(2\%) = 5,12 \left(\frac{0,013}{24}\right)^{0,37-1} = 584,81\text{mm/h} \end{cases}$$

➤ Débit d'apport de l'accotement :

$$Q_{\text{ata}} = K \cdot I_t \cdot C_t \cdot A_{\text{ta}}$$

$$Q_{\text{ata}}(10\%) = 0,00278 \times 439,75 \times 0,3 \times 0,72$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ata}}(10\%) = 0,26\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ata}}(2\%) = 0,00278 \times 584,81 \times 0,3 \times 0,72$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ata}}(2\%) = 0,35\text{m}^3/\text{s}$$

Conclusion:

$$Q_a = Q_{\text{ach}} + Q_{\text{aacc}} + Q_{\text{ata}}$$

$$Q_a(10\%) = 0.483\text{m}^3/\text{h}$$

$$Q_a(2\%) = 0.707\text{m}^3/\text{h}$$

Les résultats des calculs des bassins versant BV2, BV3 et BV4 sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versants	Type	Surface A (HA)	Tc (h)	It (mm/h)		C	Qi (m ³ /h)		Qa = ΣQi (m ³ /h)	
				10%	2%		10%	2%	10%	2%
BV : 01	chaussé	0,504	0,057	173,3	230,5	0,95	0,231	0,307	0,531	0,707
	accotement	0,108	0,021	325,08	432,32	0,4	0,04	0,05		
	talus	0,720	0,013	439,75	584,81	0,3	0,26	0,35		
BV : 02	chaussé	1,022	0,081	138,88	184,70	0,95	0,375	0,50	0,874	1,164
	accotement	0,219	0,030	259,66	345,31	0,4	0,063	0,084		
	talus	1,460	0,018	358,24	476,41	0,3	0,436	0,580		
BV : 03	chaussé	1,288	0,091	129,06	171,63	0,95	0,440	0,584	1,015	1,253
	accotement	0,276	0,033	244,53	325,20	0,4	0,075	0,010		
	talus	1,840	0,021	325,08	432,32	0,3	0,50	0,663		
BV : 04	chaussé	1,155	0,086	133,74	177,86	0,95	0,408	0,542	0,940	1,248
	accotement	0,247	0,031	254,35	338,25	0,4	0,070	0,093		
	talus	1,650	0,020	335,23	445,81	0,3	0,461	0,613		

Tableau IX. 9 : Résultats de calcul des débits d'apports.

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING - STRICKLER :

$$Q_s = S_m K_{st} \sqrt{I} R_h^{\frac{2}{3}}$$

Tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{st} : \text{coefficient de Manning Strickler} \\ I : \text{Pente de pose de l'ouvrage.} \\ S_m : \text{Section mouillée(m}^2\text{).} \\ R_h : \text{Rayon hydraulique moyen (m).} \end{array} \right. \quad \text{Avec : } R_h = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$$

Fossés en terre	K_{st} = 30
Fossés plats engazonné	K_{st} = 15
Collecteur en béton	K_{st} = 70

Tableau IX. 10 : Valeurs des coefficients de Manning-Strickler.

IX).8.6 Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont placés à l'extérieur de la plate-forme, dans les sections déblais pour récupérer les eaux issues de la chaussée, de l'accotement, et de talus. Pour notre projet on prévoit des fossés de forme **trapézoïdale** à parois en béton.

Pour dimensionner les fossés, on considère le débit d'apport max qui est le débit au 3^{ème} bassin pour estimer un dimensionnement forfaitaire et adopter ce dimensionnement obtenus pour les autres sections.

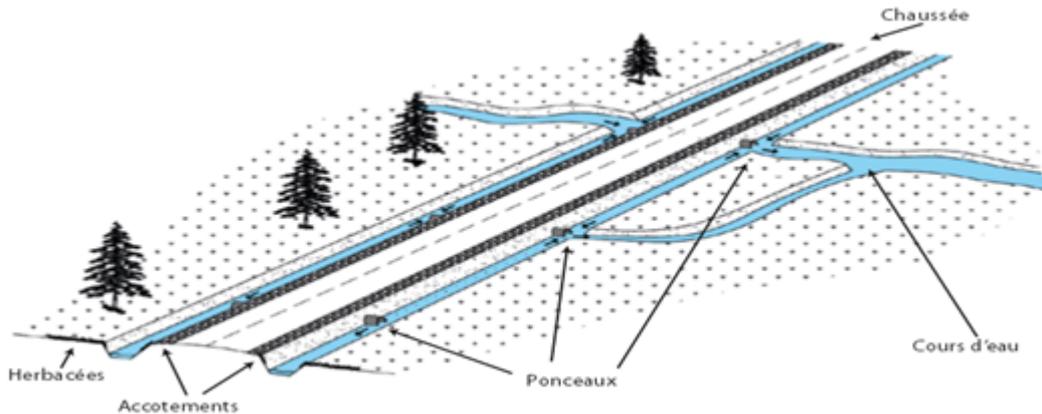


Figure IX. 3 : Schématisation des faussés.

➤ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = b \cdot h + 2 \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{Avec:} \quad e = n \cdot h$$

$$S_m = bh + n \cdot h^2 = h(b + n \cdot h) \Rightarrow \mathbf{S_m = h(b + n \cdot h)}$$

➤ **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B \quad \text{Avec:} \quad B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \cdot h^2} = h \cdot \sqrt{n^2 + 1}$$

Implique que : $\mathbf{P_m = b + 2h \cdot \sqrt{n^2 + 1}}$

➤ **Calcul du rayon hydraulique :**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \cdot (b + nh)}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}}$$

➤ **Calcul des dimensions des fossés :**

$$Q_a = Q_s = \left(K_{st} \cdot i^{\frac{1}{2}} \right) \cdot h \cdot (b + n \cdot h) \cdot \left[\frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{n^2 + 1}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Remarque :

On dimensionne les fossés par rapport au débit le plus important en considérant une période de retour de 10ans.

Pour calculé « **h** » il faut fixer « **b** » et « **n** ».

Avec :

$$\begin{cases} Q_a = 1,015 \\ b = 0,5\text{m} \\ n = 1,5 \\ K_{st} = 70 \\ \text{la pente de pose de l'ouvrage: } I = 2,5\% \end{cases}$$

Après plusieurs itérations on trouve que : $h = 0,37\text{m}$

On prend : **h = 0,4m**

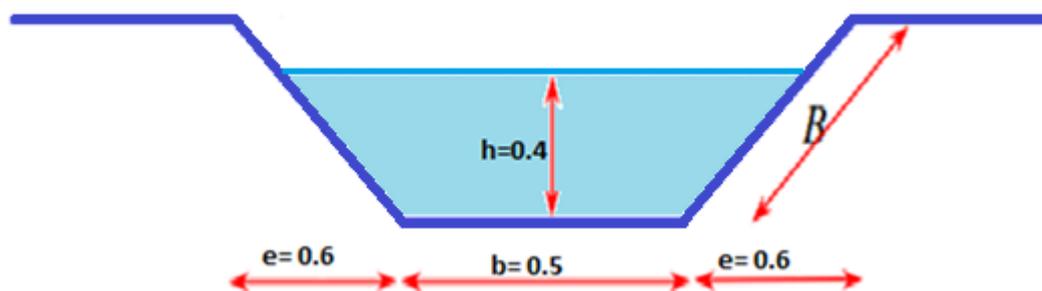


Figure IX. 4: Les dimensions d'un fossé.

IX).8.7 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

On appelle ouvrages d'art toutes les constructions de génie civil permettant le franchissement par la route d'obstacles de toutes sortes (cours d'eau, thalwegs, voies de communication, montagnes, ...) tels que les ponts, les radiers et passages submersibles, les buses et dalots, les tunnels, les murs de soutènement, ect...

Les ouvrages d'art destinés à l'évacuation des eaux superficielles peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Les petits ouvrages tels que les buses, les dalots, les fossés, les radiers submersibles, ect ...
- Les grands ouvrages comme les ponts.

	Diamètre (m)	Capacité en (m3)
Buses en béton	0,80	0,91
	1,00	1,55
	1,20	2,50
Buses métalliques	1,50	4,25
	1,50	3,90
	1,97	7,90
	3,06	22,5
Dalot en béton	Flèche D	Capacité par mètre linéaire de portée (m ³ /s/ml)
	0,80	1,31
	1,00	1,81
	1,50	3,34
	2,00	5,10

Tableau IX. 11 : capacité des ponceaux.

Remarque :

Nous éviterons dans notre projet d'utiliser les buses métalliques pour tous les inconvénients qu'elles peuvent avoir comme la corrosion, dégradation des matériaux, l'enfoncement, poinçonnements et dégradations locales des tôles.

$$Q_a = Q_{ach} + Q_{acc} + Q_{ata} + QBV$$

Bassin versant	PK	Débit Q_a m ³ /s	Ouvrage à prévoir
BV : 01	PK0 +000	1,443	Buse en béton
BV : 02	PK0 +720	2,936	2 Dalot en béton
	PK1 +840		
BV : 03	PK3 +460	25,807	2 Dalot en béton
	PK4 +060		
BV : 04	PK4 +840	12,961	Dalot en béton

Tableau IX. 12 : L'emplacement des ouvrages d'arts.

a. Dimensionnement des dalots :

La section de dalot est calculer comme pour le fossé, mais en forme rectangulaire seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

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

$$Q_a = Q_S = K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m K_{st} \sqrt{I} R_h^{\frac{2}{3}}$$

Avec:

- Q_a : le débit de crue pour une période de retour de 50ans en m^3/h .
- Q_s : le débit de saturation du dalot.
- S_m : surface mouillée : $S_m = 0,8 \times H \times B$
- P_m : périmètre mouillé : $P_m = (2 \times 0,8H) + B$
- R_h : rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m}$
- $K_{st} = 70$ (pour les dalots).
- $I = 2.5\%$
- Pour BV : 03 : $Q_a = 25,807 m^3/s$

$$H = \frac{1}{0,8B} \left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} (1,6H + B)^{\frac{2}{5}}$$

On fixe : $B=2m$

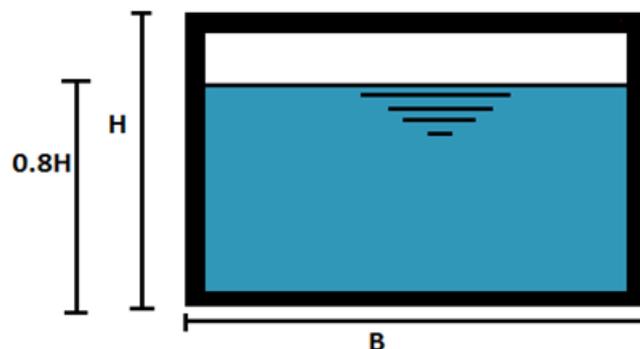


Figure IX. 5 : Schéma d'un dalot.

Et par calcul itératif on obtient :

Bassin versant	H calculé (m)	H pris (m)
BV : 02	0,418	1
BV : 03	2,011	3
BV : 04	1,183	2

Tableau IX. 13 : Résultats des itérations.

Pour chaque bassin on a opté pour les dimensions suivantes comme le présente le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Ouvrage	Dimension
BV : 01	buse	$\varphi = 1,2m$
BV : 02	dalot	$2m \times 1m$
BV : 03	dalot	$2m \times 3m$
BV : 04	dalot	$2m \times 2m$

Tableau IX. 14 : Dimensionnement des ouvrages.

b. Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_a = Q_s \quad \text{Avec : } \begin{cases} Q_s = S_m K_{st} \sqrt{I} R_h^{\frac{2}{3}} \\ Q_a = K. I. C. A \end{cases}$$

$$S_m = \pi R^2$$

$$P_m = 2\pi R$$

$$\text{Rayon hydraulique : } R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{R}{2}$$

Pour une pente moyenne égal à : **0,5%**

$$\text{On a : } Q_s = \left(\frac{\pi R^2}{2}\right) \times 70 \times (\sqrt{0.005}) \times \left(\frac{R}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$Q_s \geq Q_a$$

- Pour $\varphi = 1000\text{m}$ $\Rightarrow R = 0,5\text{m} \Rightarrow Q_s = 0,77$
- Pour $\varphi = 1200\text{mm}$ $\Rightarrow R = 0.6 \Rightarrow Q_s = 1.25$
- On prend des *semi buses* des diamètres $\varphi = 1200 \text{ mm}$

c. Dimensionnement des regards :

- On pose : **h** est variable, **L=1.5 m**, **E=1.5 m**

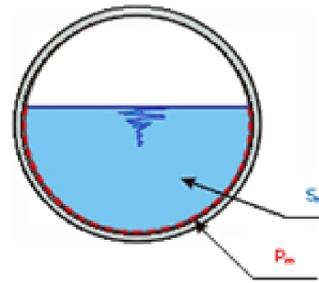
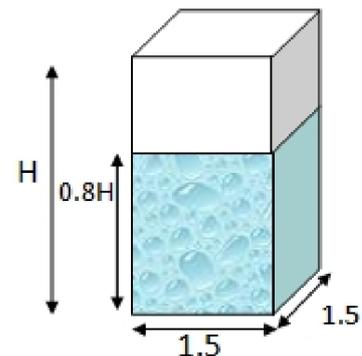


Figure IX. 6 : Dimension d'une buse.

**IX).9 Conclusion :**

Pour notre projet on prévoit :

- ✓ Des fossés en béton de 0.5 m de base et de 0.4 m de hauteur au long du tracé
- ✓ Fossé de crête de talus
- ✓ Des semis buses de $\varphi=1200 \text{ mm}$ au **PK0 +000**
- ✓ Des regards de base (1.5 m× 1.5 m) tous les 600 m
- ✓ Des descentes d'eau tous les 40 m
- ✓ Deux dalots de (2 m× 1 m) au **PK0 +720** et au **PK1 +840**
- ✓ Deux dalots de (2 m× 3 m) au **PK3 +460** et au **PK4 +060**
- ✓ Un dalot (2 m× 2 m) au **PK4 +840**

X).1 Introduction :

L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio-économico-politiques, de rapidité et sécurité routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement.

Au-delà d'un certain seuil, des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause.

X).2 Identification des impacts :

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à réaliser.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré-construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

L'identification des impacts se fait sur la base d'une matrice d'interactions.

X).3 Les impacts du projet :**X).3.1 Les impacts positifs :**

Les principaux impacts positifs attendus de la réalisation du projet peuvent être résumés comme suit :

a. Impacts socioéconomique :

- ✓ La création de l'évitement contribuera fortement à l'amélioration des conditions de circulation des usagers particulièrement à l'intérieur de la ville d'Ouadhia (la fluidité de la circulation).
- ✓ La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).
- ✓ La création d'une infrastructure peut être l'occasion de favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées, les implications sur l'accès aux terres et sur la circulation de la machinerie agricole.
- ✓ L'Amélioration des conditions économiques de la population de la zone du projet. En effet, la mobilité des travailleurs sera nettement améliorée et l'activité de la population sera probablement développée ;
- ✓ Désenclavement des régions avoisinantes.
- ✓ Les Nuisances sonores causées par la circulation des véhicules ne posent pas de problèmes aux habitants vus l'éloignement de l'évitement par rapport à la ville.

b. Impacts sur l'environnement de la ville :

Le trafic dévier grâce à l'évitement crée, va contribuer à l'atténuation des émissions atmosphérique (pollution) à l'intérieur de la ville d'Ouadhia, pour être transférer dans le massif montagneux où elles seront mieux dispersées.

c. Impacts sur l'habitation :

Le tracé de notre projet ne traverse aucune habitation (pas de destruction de maisons).

X).3.2 Les impacts négatifs:**X).3.2.1 Les impacts permanents :**

Les principaux impacts négatifs générés par la réalisation du projet peuvent être résumés comme suit :

a. Impact sur le paysage :

Défiguration du paysage causé par le passage de la voie.

b. Impact sur Les ressources en eau :

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et la pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes.

c. Impact sur l'air :

L'installation de la nouvelle infrastructure absorbera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées.

d. Impact sur La faune :

Au niveau des animaux, leur contamination par les métaux lourds accumulés dans la végétation des abords routiers, constitue le principal impact négatif important relié à la pollution générée par le transport routier, le bruit et la lumière artificielle affectent également certaines formes de vie sauvage.

Le premier, réduit les populations d'oiseaux vivant dans les abords routiers et crée des perturbations comportementales et la seconde contribue à étendre la durée de la reproduction chez certaines espèces, précisons également qu'une grande partie des collisions des animaux sauvages contre les véhicules est causée par la lumière des phares.

e. Impact sur La flore :

Le projet aura un impact sur la végétation car il y a des espèces végétales sensibles ou protégées dans la zone du projet.

Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement ;

- ✓ Désorganisation du territoire agricole.
- ✓ Diminution du couvert végétal.

f. Impact sur le sol :

D'une façon générale, les impacts seront liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais). L'effet notable sera l'apparition du phénomène d'érosion mécanique par les eaux pluviales et donc nécessité d'une végétation et de mise en place d'un réseau de cunettes et de descentes d'eau.

g. Impact sur l'agriculture :

Étant donné que le sud de la région est agricole, donc le tracé de l'évitement traverse des terrains agricoles qui seront perdus suite à la réalisation de cette infrastructure, comme la montre les figures ci-dessous :



Figure X. 1: Terrain agricole.



Figure X. 2: Terrain nu.

X).3.2.2 Impacts temporaires :

Les impacts négatifs générés par le projet sont essentiellement persistants durant la phase de chantier.

Ces impacts sont temporaires, et disparaissent après l'achèvement des travaux, les plus importants sont définis comme suit :

- ✓ Perturbation de la circulation automobile (embouteillage).
- ✓ Dégagement de poussières dans l'atmosphère.
- ✓ Déversement de boues (bentonite) dans l'espace urbain.
- ✓ Emission de bruit lors des travaux, Cette nuisance est due à l'usage des engins.
- ✓ Opposition des propriétaires des terrains agricole face à la destruction de leur bien agricole ce qui engendre un retard dans l'avancement des travaux.

XI).1: Signalisation :**XI).1.1: Introduction :**

La signalisation appartient à l'intégrante du paysage routier. Elle lui permet d'anticiper toute manœuvre ou tout changement de direction et de s'y préparer.

En plus de lui servir de guide en lui indiquant la route à suivre ainsi que les dangers qui la parsèment (courbe en pente prononcée, accotement , chaussée glissante, etc.), elle lui rappelle les diverses prescriptions du code de la sécurité routière et des règlements municipaux elle doit par conséquent, être conçue et installée de manière à aider l'utilisateur de la route tout au long de son parcours en lui permettant,

D'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui et ce en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

XI).1.2: Objectifs de signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- ✓ De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- ✓ De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- ✓ D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- ✓ De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.

XI).1.3: Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale.
- ✓ Signalisation horizontale.

a. Signalisation verticale :

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

✚ Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150 m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

✚ Signalisation de position :

Le signal de type B2 «arrêt obligatoire» est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

✚ Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils ont fixé, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75%.

b. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussée qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche.

La signalisation horizontale se divise en deux types :

✚ Marques longitudinales :

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

✓ Les lignes continues :

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

✓ Les lignes discontinues :

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). voir le tableau de sous :

✚ Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T ₁	3.00	10.00	1/3
T ₂	3.00	3.5	1
T ₃	3.00	1.33	3

Tableau XI. 1 : Type de modulation.

✚ Marques sur chaussée :

Les lignes mixtes :

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

- **Lignes transversales** :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

- **Ligne stop** :

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

✚ Autres signalisation :

✓ Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

✓ Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

✚ Largeur des lignes :

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

- ✓ U=7,5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- ✓ U=6 cm sur les routes et voies urbaines.
- ✓ U=5 cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5 cm.

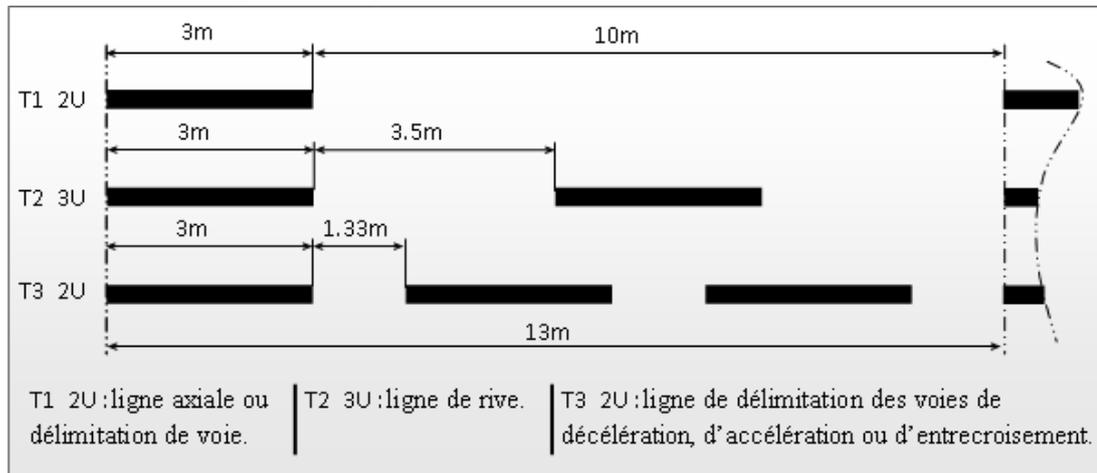


Figure XI. 1 : Type de modulation.

XI).1.4: Les critères de choix de 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. Choix.
- ✓ 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.

XI).1.5: Application au projet :

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

✚ Signalisation horizontale :

- ✓ marquage de la chaussée en ligne continue.
- ✓ Lignes continue de largeur de 15 cm.
- ✓ marquage de la chaussée en ligne discontinue.
- ✓ Lignes discontinues 3/9/0,15.

✚ **Signalisation verticale :**

- ✓ Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- ✓ Panneau de signalisation priorité : type B
- ✓ Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- ✓ Panneau de signalisation d'obligation : type D
- ✓ Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- ✓ Panneau de signalisation de direction : type E /B

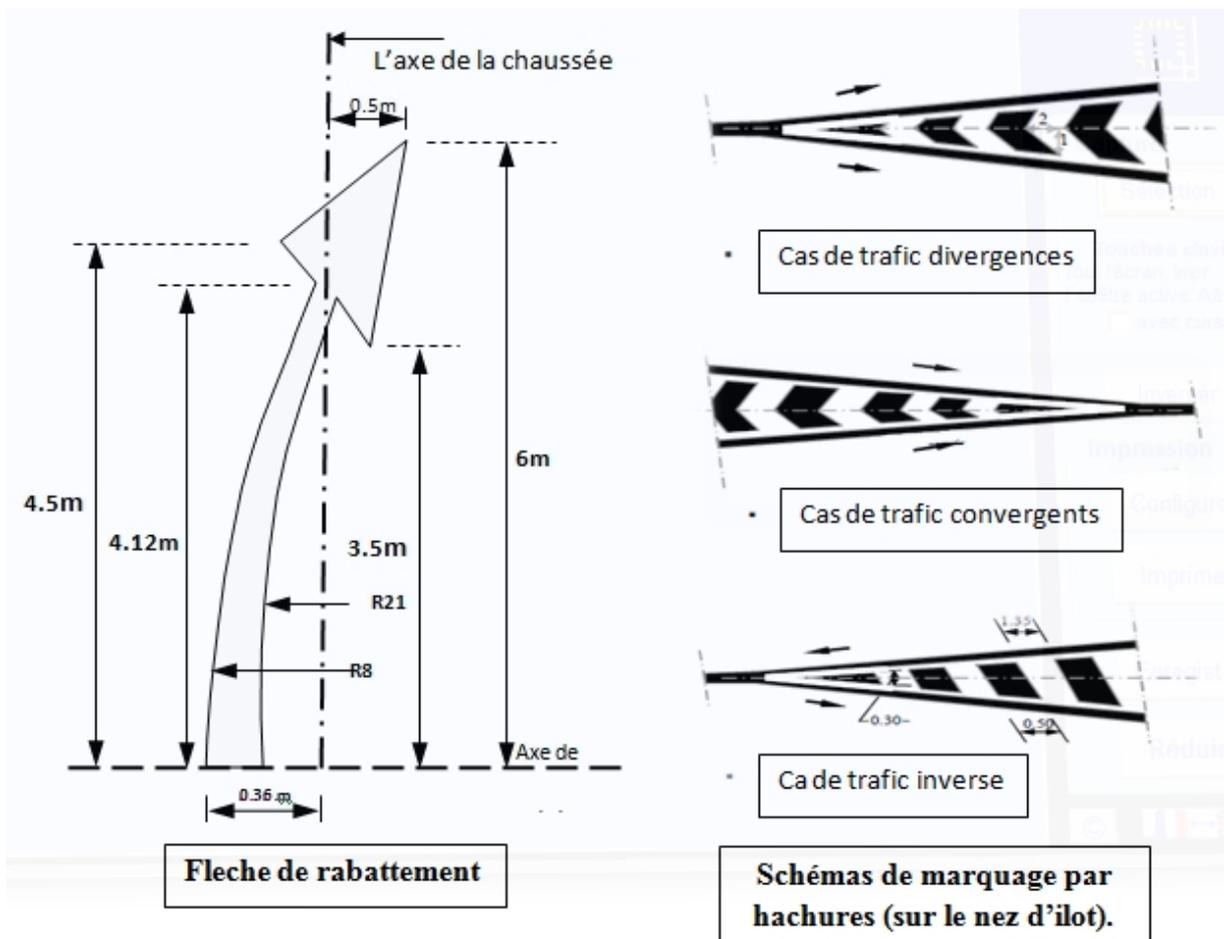


Figure XI. 2 : flèche de rabattement et de marquage par hachures.

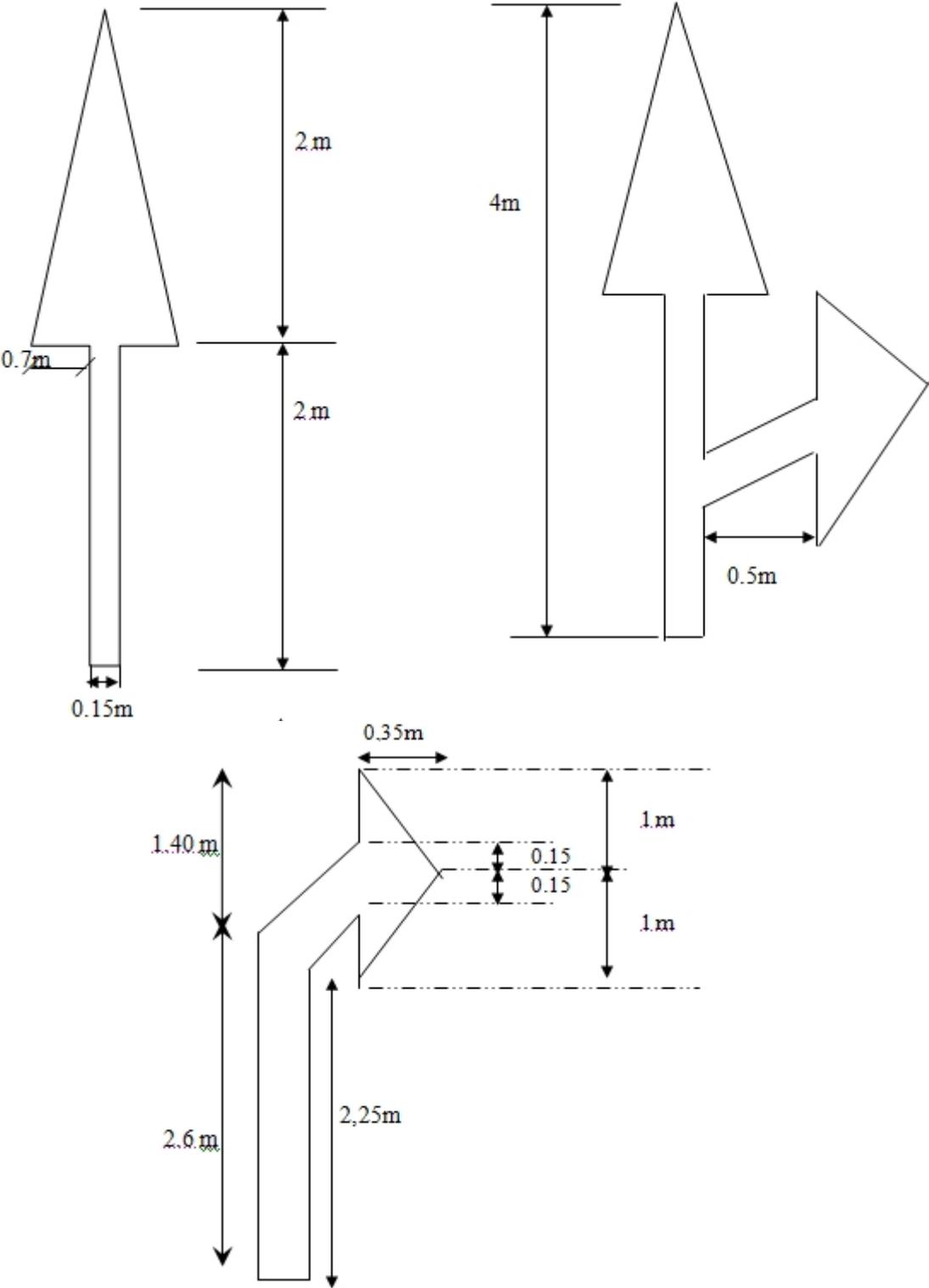


Figure XI. 3 : flèche de direction.

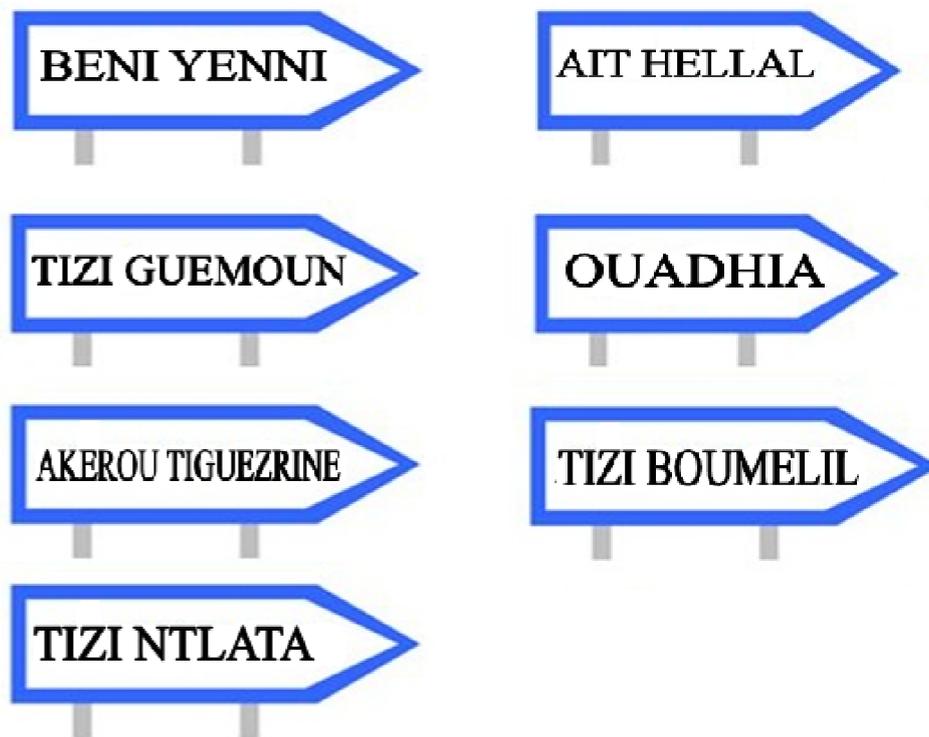
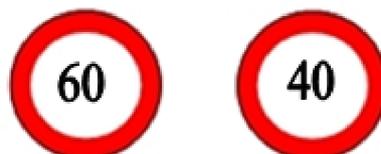
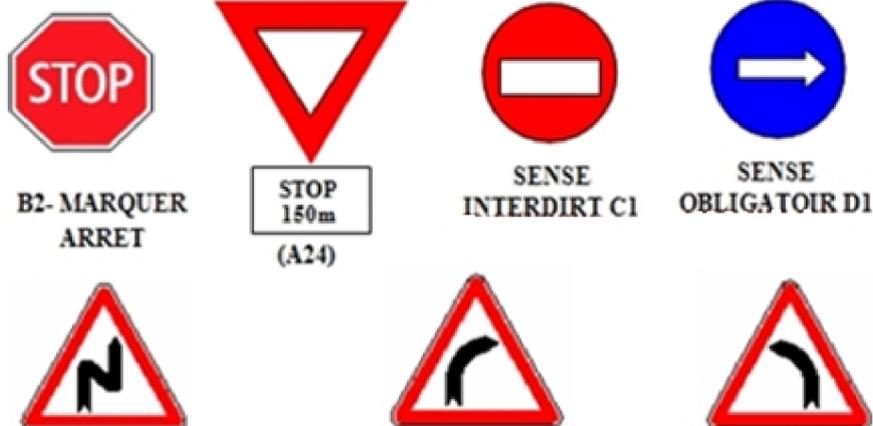


Figure XI. 4 : flèche de direction type E4.

Signaux d'interdiction ou de restriction



VITESSES LIMITEES C11-a



B2- MARQUER
ARRET

STOP
150m
(A24)

SENSE
INTERDIT C1

SENSE
OBLIGATOIR D1

LES SIGNAUX DE DANGER TYPE A

Figure XI. 5 : Signaux d'indication.

XI).2:Equipements de la route :**XI).2.1: Sécurité :****✚ Introduction :**

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, et pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

Les paragraphes qui suivent décrivent brièvement les principaux types d'équipement.

✚ Barrières de sécurité :

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

- ✓ D'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- ✓ De prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- ✓ De définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement...).

✚ Sur accotement :

Ce type de glissière métallique sera disposé au niveau des fossés de la route à la limite de la bande d'arrêt d'urgence pour délimiter la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risques éventuels de sortie.

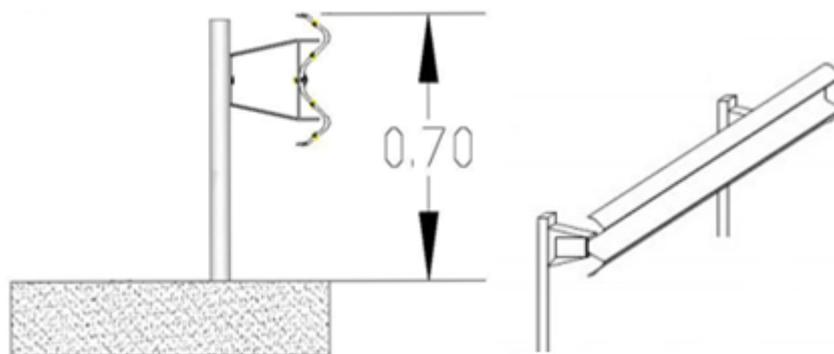


Figure XI. 6 : Glissières de sécurité.

XI).2.2: Eclairage :**+ Introduction :**

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours...etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

Classe A : éclairage général d'une route ou autoroute.

Classe B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).

Classe C : éclairage des voies dessertes.

Classe D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

XI).2.2.1: Eclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- ✓ A longue distance 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- ✓ A distance moyenne 300 à 500 m, idée de la configuration du point singulier.
- ✓ A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- ✓ A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

XI).2.2.2: Paramètre de l'implantation des luminaires :

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

XI).2.2.3: Eclairage appliqué à notre projet :**✚ Eclairage de la voie (le long de la déviation de la ville d'Ouadhia sur 6,037 km) :**

Des lampadaires sont implantés dans l'accotement avec un foyer éclairer une demi-chaussée, espacée de 25 m et une hauteur de 8 m pour chacun des lampadaires

✚ Eclairage des carrefours :

Pour les carrefours dont les flots centraux sont importants, on place en retrait de leurs courbures des foyers A, dans l'alignement de foyers B sur la bordure extérieure, pour que les usagers identifient les différentes voies d'accès (appareil défilé).

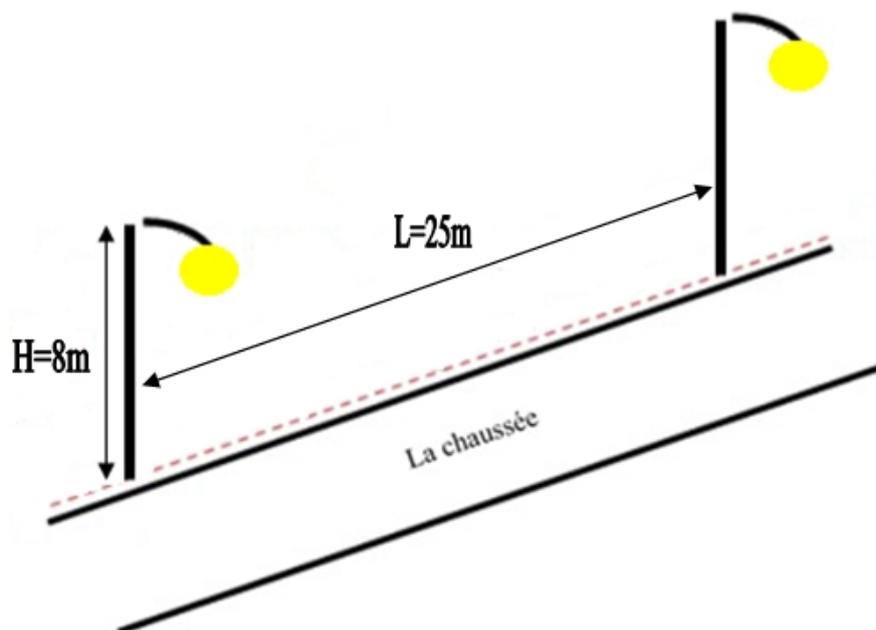


Figure XI. 7 : Disposition des lampadaires.



Figure XI. 8 : Un lampadaire.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude intitulé « la déviation de la RN30 qui passe par la ville d'OUADHIA sur un linéaire de 6,04 km » en créant une nouvelle route qui supporterait le trafic courant et futur, la route actuelle connaît une surcharge de véhicules tout au long de l'année pour l'importance qu'elle représente sur le point géographique et socio-économique.

Au cours de la conception de l'axe de mon tracé, nous avons fait en sorte à respecter les normes tout en prenant en considération le confort, la sécurité des usagers et l'aspect économique.

Nous avons pu accomplir ce travail en avant projet détaillé, on accordant aux données suivantes :

- ❖ Le levé topographique.
- ❖ La carte d'état major de la région « OUADHIA ».
- ❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$.
- ❖ La vitesse de base sur le tracé $V_B = 60 \text{ km/h}$
- ❖ Le pourcentage de poids lourds $Z = 14\%$
- ❖ L'année de mise en service **2015**
- ❖ La durée de vie estimée de **20ans**
- ❖ Catégorie **C2**
- ❖ L'environnement **E2**
- ❖ L'indice CBR moyen **I = 5**

Après la récolte des données et des recherches approfondies, un travail acharné, laborieux et soigneux nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- ❖ Une route de 1×2 voies
- ❖ Un axe de longueur égale à 6037m

- ❖ Un dimensionnement transversal de 10 m constitué de :
 - ✓ 1×2 voies de 3.5m chacune.
 - ✓ Accotement ou bande d'arrêt d'urgence de 2×1.5m
- ❖ Après le dimensionnement du corps de la chaussée j'ai obtenu avec la méthode du catalogue les couches suivantes :
 - ✓ Couche de roulement de 6 cm de BB.
 - ✓ Couche de base de 15 cm de GB.
 - ✓ Couche de fondation de 35 cm de GNT.
 - ✓ Couche de forme de 40 cm de TUF
- ❖ L'étude hydraulique a donné :
 - ✓ Des fossés trapézoïdaux de largeur 0.5m et de hauteur 0.4m
 - ✓ Trois dalots de dimensionnement suivant :
 - Le premier 2m×1m
 - Le deuxième 2m×3m
 - Le troisième 2m×2m
 - ✓ Une buse de $\varphi = 1,2m$

Au fur et à mesure de l'avancement de notre travail, nous avons appris à bien cerner les problèmes techniques qu'on peut rencontrer dans un projet routier, et essayer de trouver des solutions adéquates et économiques qui peuvent servir à régler ce genre de problèmes.

Ce projet a été pour nous une occasion de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant notre cycle de formation, et profiter de l'expérience des personnes du domaine ainsi qu'à l'apprentissage et la maîtrise de l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : **Piste+5**, **AUTOcad** et **ALIZÉ III**.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **B30** (Etudes générales techniques et économiques des aménagements routiers)
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (Fascicule 1, 2,3) (C.T.T.P.contrôle technique travaux publics).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison « 12 décembre 2000 »).
- Thèses de fin d'études des années précédentes à l'UMMTO et l'école nationale des travaux publics.
- Les principaux paramètres de conception géométrique des routes (**SETRA**).
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides interurbaines (**SETRA 2003**).
- Cours de routes (université d'ORLEANS IUT de BOURGES département de génie civil 2004-2005 France) Hervé BRUNEL.
- Cours de routes (université IUT de St Pierre département de génie civil 2008-2009 France).
- Manuel de prise en main PISTE 5 (conception d'infrastructures linéaires. **SETRA 2006**).
- Compléments à l'ICTAAL (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison pour carrefours et échangeurs. (**SETRA MAI 2006**).
- Guide d'assainissement routier (**SETRA**).
- Documentations de la direction des travaux publique (**DTP**) de la wilaya de Tizi-Ouzou (Analyse du trafic et propositions d'aménagements volume 3)
- **I.C.T.A.V.R.U** (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines).
- Cours de route (par **jean BERTHIER** professeur à l'école des ponts et chaussées et présidents du BCEOM France).
- Guide des terrassements routiers (**GTR-SETRA**)
- **ARP** aménagement des routes principales (recommandations techniques pour la conception générale et géométrie de la route (**ministère de l'équipement. Direction des routes**)
- RPOA99/version 2003
- SITE internet : www.SETRA.com
- Code de la route algérien.
- Guide de signalisation routière (**SETRA**)

Liste des Tableaux

Chapitre III

Tableau III. 1 : Environnement « E_i ».

Tableau III. 2 : Coefficient d'équivalence « P ».

Tableau III. 3 : Valeurs de K_1 .

Tableau III. 4 : Valeurs de K_2 .

Tableau III. 5 : Valeurs de la capacité théorique C_{th} .

Tableau III. 6 : Tableaux des résultats calculés.

Chapitre V

Tableau V. 1 : Longueur max et min selon « V_{RP} »

Tableau V. 2 : Les rayons en plans.

Tableau V. 3 : Sur-largeur.

Tableau V. 4 : Paramètres fondamentaux de l'axe en plan.

Tableau V. 5 : Les pentes maximums.

Tableau V. 6 : Rayons des raccordements convexes.

Tableau V. 7 : Rayons des raccordements concaves.

Chapitre VI

Tableau VI. 1 : Coefficient d'équivalence.

Tableau VI. 2 : Classe du trafic.

Tableau VI. 3 : Classe du sol.

Tableau VI. 4 : Type de réseau principal.

Tableau VI. 5 : Choix des structures types par niveau de réseau principal.

Tableau VI. 6 : Classe du trafic.

Tableau VI. 7 : Classe de portance de sol supports.

Tableau VI. 8 : portance du sol support.

Tableau VI. 9 : Les zones climatiques.

Tableau VI. 10 : La modélisation de la structure.

Tableau VI. 11 : Résultats de la simulation.

Tableau VI. 12 : Résultats des deux méthodes (CBR, CTTP).

Chapitre VII

Tableau VII. 1 : Les paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie.

Tableau VII. 2 : Les paramètres de construction des îlots séparateurs.

Tableau VII. 3 : Caractéristiques géométriques de l'anneau au PK 0+000.

Tableau VII. 4 : Caractéristiques géométriques des branches au PK 0+000.

Tableau VII. 5 : Caractéristiques géométriques de l'anneau au PK 1+720.

Tableau VII. 6 : Caractéristiques géométriques des branches au PK 1+720.

Tableau VII. 7 : Caractéristiques géométriques des quatre branches au PK 3+660.

Tableau VI. 8 : Caractéristiques géométriques des trois branches au PK 6+037.

Chapitre IX

Tableau IX. 1 : Variable de Gauss. (En fonction de la période de retour).

Tableau IX. 2 : Valeurs du Coefficient « C_1 »

Tableau IX. 3 : Valeurs du Coefficient « C_2 »

Tableau IX. 4 : Valeurs du Coefficient « C_3 »

Tableau IX. 5 : Caractéristiques des bassins verseaux.

Tableau IX. 6 : Résultats des T_c et I_t calculé.

Tableau IX. 7 : Résultats débits de crue des bassins versants.

Tableau IX. 8 : Valeurs des coefficients de ruissellement.

Tableau IX. 9 : Résultats de calcul des débits d'apports.

Tableau IX. 10 : Valeurs des coefficients de Manning-Strickler.

Tableau IX. 11 : Capacité des ponceaux.

Tableau IX. 12 : L'emplacement des ouvrages d'arts.

Tableau IX. 13 : Résultats des itérations.

Tableau IX. 14 : Dimensionnement des ouvrages.

Chapitre XI

Tableau XI. 1 : Type de modulation.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Commune limitrophes d'Ouadhia.

Figure I. 2 : Couloir du projet d'étude.

Figure I. 3 : Carte d'état-major de la ville d'Ouadhia.

Chapitre II

Figure II. 1 : Tracé de la variante « I ».

Figure II. 2 : Tracé de la variante « II ».

Figure II. 3 : Exposé des deux variantes.

Figure II. 4 : Exposé des deux variantes et cadre urbain.

Chapitre III

Figure III. 1 : Chaussée à 2 voies de 3,5 m chacune.

Chapitre V

Figure V. 1 : Schéma des éléments du tracé en plan.

Figure V. 2 : Eléments de la Clothilde.

Figure V. 3 : Nuage de points.

Figure V. 4 : Triangulation du terrain.

Figure V. 5 : Axe en plan.

Figure V. 6 : Tabulation axe en plan

Figure V. 7 : Eléments du profil en long.

Figure V. 8 : les éléments du profil en travers.

Figure V. 9 : profil en travers type.

Chapitre VI

Figure VI. 1 : Les différentes catégories de chaussée.

Figure VI. 2 : Coupe type d'une chaussée souple.

Figure VI. 3 : Couche type d'une route rigide.

Figure VI. 4 : La démarche de catalogue.

Figure VI. 5 : Résultats donnés par le logiciel Alize.

Figure VI. 6 : Schéma des différentes couches.

Chapitre VII

Figure VII. 1 : Les différents types des carrefours.

Figure VII. 2 : Carrefour giratoire avec quatre branches au PK 0+000.

Figure VII.3 : Carrefour giratoire avec quatre branches au PK 1+720.

Figure VII. 4 : Carrefour en croix avec quatre branches au PK 3+660.

Figure VII. 5 : Carrefour en T avec trois branches au PK 6+037.

Chapitre VIII

Figure VIII. 1 : Exposés des méthodes.

Chapitre IX

Figure IX. 1 : Les bassins versants de la région d'OUADHIA.

Figure IX. 2 : Les caractéristiques d'un fossé.

Figure IX. 3 : Schématisation des faussés.

Figure IX. 4: Les dimensions d'un fossé.

Figure IX. 5 : Schéma d'un dalot.

Figure IX. 6 : Dimension d'une buse.

Chapitre X

Figure X. 1: Terrain agricole.

Figure X. 2: Terrain nu.

Chapitre XI

Figure XI. 1 : Type de modulation.

Figure XI. 2 : flèche de rabattement et de marquage par hachures.

Figure XI. 3 : flèche de direction.

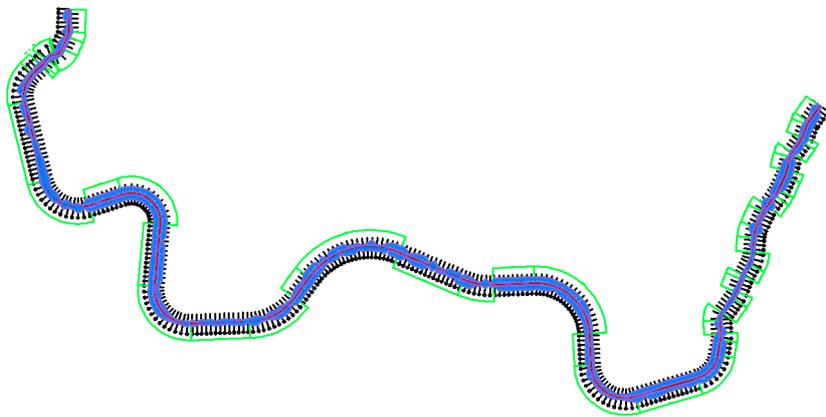
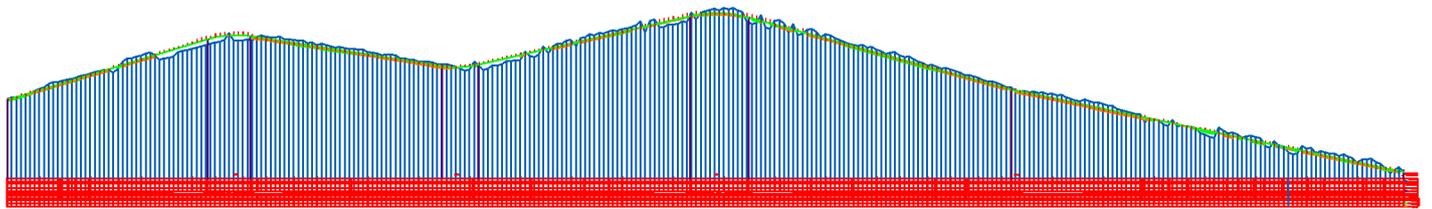
Figure XI. 4 : flèche de direction type E4.

Figure XI. 5 : Signaux d'indication.

Figure XI. 6 : Glissières de sécurité.

Figure XI. 7 : Disposition des lampadaires.

Figure XI. 8 : Un lampadaire.



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

**UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE
 TIZI-OUZOU**

ETUDE EN APD DE LA DEVIATION DE LA VILLE DE OUAHIA
 LA LIAISON RN30 6,03 Km

AVANT PROJET DETAILLE (APD)

N° PLAN 01

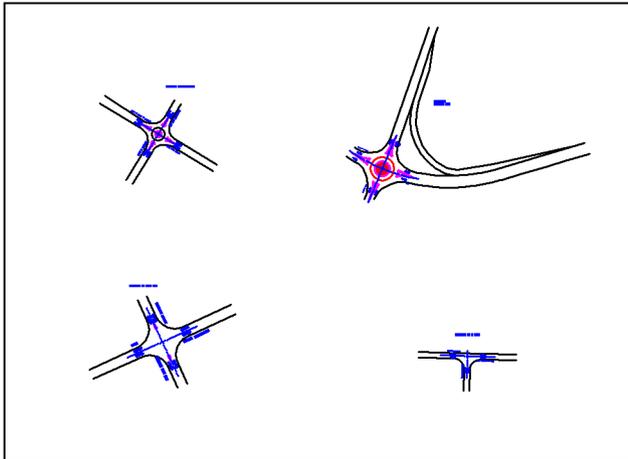
ECHELLE

DATE: JUILLET 2014

ETUDE DU TRCÉ COMBINÉ

ÉLABORÉ PAR :
 MR. BOUGHRARA
 HABIL

UMMTO



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

**UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE
 TIZI-OUZOU**

ETUDE EN APD DE LA DEVIATION DE LA VILLE DE OUADHIA
 LA LIAISON RN30 6,03 Km

AVANT PROJET DETAILLE (APD)

N° PLAN 02

ECHELLE

DATE: JUILLET 2014

**TRCÉ EN PLAN ET
 CARREFOURS**

ÉLABORÉ PAR :

MR: BOUGHERAA
 NABIL

UMMTO