



**Ecole Nationale Supérieure des
Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

Pour l'Obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics

Thème

« Étude en APS et APD de l'évitement de boumerdes
2^{ème} tranche sur 10,45 km avec conception d'un
échangeur » »

Proposé par : SETS

Encadré par :

M^r Lounis Abdeslam

Présenté par :

Nadri Abdellah

Benhaoua Belkacem

Promotion 2012

بسم الله الرحمن الرحيم

Tout d'abord je tiens à remercier le dieu .Tout Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à:

*Je tiens à dédier ce travail aux personnes les plus chères à mon cœur, **mon père, ma mère**, mes frères (Mouhamed ,kamel ,A.ELAZZIZ, mustapha.), et mes sœurs, (Rebiha, Aicha) car c'est grâce à leurs soutiens que j'ai pu arriver à ce stade ; je souhaite que ce travail soit à la hauteur de tout ce qu'ils ont pu faire pour moi, sans oublier ma chère grand mère, mes oncles et mes tantes.et a toutes la familles*

BENHAOUA

ET aussi les petits : MERIEM,MALEK,YACIN ,Abdo ,khawla

*A mon binôme **nadri Abedallah** qui était mon frère.*

A Co-Promoteur :LOUNIS

Une spéciale dédicace pour mes meilleurs

amis ;Youcef,Oussama ,messoud,ILIES ,KHLIFA ,OMAR,AHMED,zaki, rabeH,Labbi, ,nabeil, , moustafha,tayeb ,mouh,yacin, amine,djalal ,houcin et à toute ma promotion (2012) sans exception

Les enseignants et Les travailleurs Je vous dis merci et

pour tous qui mon aidés de prés

ou de loin pour la réalisation

de ce mémoire.

BENHAOUA BELKACEM



الإهداء

الحمد لله الذي علم بالقلم وألهم إلى الفهم والصلاة والسلام على سيد العرب والعجم

وعلى آله وأصحابه هداة الأمم

عندما يكون ناجحي فرحا للآخرين وعندما تكون تضحيات الآخرين وقودي في
الحياة ودافعي نحو النجاح
أم بعد

أشكر الله العلي القدير أن وفقني إلى إتمام دراستي وأهدي ثمرة جهدي إلى من قال
فيهما تعالى

{ وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا إما يبلغن عندك الكبر أحدهما أو كلاهما
فلا تقل لهما أف ولا تنهرهما وقل لهما قولا كريما (32) واخفض لهما جناح الذل من
الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا (33) } { الإسراء 32 - 33 }

إلى أختي العزيزة و إخوتي الأعزاء رابع جمال عبد الهادي
إلى كل الأهل و الأقارب

إلى كل الأصدقاء و الزملاء في المدرسة و خارج المدرسة

إلى كل الذين عرفتهم في مشواري الدراسي

إلى كل طلبة دفعة جوان 2012

إلى كل من ساعدني من قريب أو بعيد ... إلى كل من يحبني و يتمنى لي التوفيق

عبد الله ناضري

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERAL.....1

PARTIE I : RPRESENTATION ET JUSTIFICATION DE PROJET

1. Présentation de projet

Présentation de la wilaya.....2

Introduction..... 3

1. Historique de la wilaya.....3

2. Cadre physique.....3

3. Population.....5

4. Infrastructures.....7

5. Secteur de la culture.....9

discription et l'objectif du projet.....11

1. La Commune de Boumerdes11

2. Situation de la commune11

3. Discription du projet.....11

4. Objectif du Projet11

2. Étude du trafic

Introduction.....12

1. Analyse du trafic12

2. Différents types de trafic.....13

3. Modèles de présentation de trafic13

4. La procédure de détermination de nombre de voies..... 14

5. Application au projet.....17

PARTIE II : ETUDE « APS »

Introduction.....20

1. La zone d'étude20

2. Type des contraintes21

3. Etude géométrique.....21

4. Choix de couloir.....23

5. Comparaison entre les variantes24

6. Conclusion24

PARTIE III : ETUDE « APD »

1. Tracé en plan

Introduction.....	25
1. Règles à respecter dans le tracé en plan.....	25
2. Les éléments du tracé en plan.....	25
3. La vitesse de référence	28
4. Paramètres fondamentaux.....	28
5. Choix des éléments géométriques	29
6. Calcul d'axe	31

2. Profil en long

Introduction.....	36
1. Les règles à respecter pour la trace de la ligne rouge.....	36
2. Coordination de la trace en plan et du profil en long	36
3. Raccordements en profil en long.....	37
4. Détermination pratiques du profil en long.....	39

3. Profil en travers

Introduction.....	43
1. Différent type de profil en travers.....	43
2. Les éléments constrictifs de profil en travers.....	43
3. Application au projet	44

4. Étude géotechnique

Introduction.....	45
1. Les objectifs d'une étude géotechnique	45
2. Réglementation algérienne en géotechnique.....	45
3. Les différents essais en laboratoire.....	45
4. Les essais in situ.....	49
5. Conditions d'utilisation des sols en remblai.....	49

5. Dimensionnement du corps de chaussée

Introduction	50
1. La chaussée	50
2. Paramètres pris en compte pour le dimensionnement.....	52
3. Les principales méthodes de dimensionnement.....	53
4. Application au projet.....	55
5. Conclusion	61

6. Cubatures

Introduction.....	62
1. Définition.....	62
2. Méthode de calcul des cubatures.....	62

7. Ouvrage d'art

1. Introduction.....	64
2. Ouvrage d'art au niveau des voies de rétablissement.....	64
3. Ouvrage d'art au niveau des oueds.....	64

8. Conception de l'échangeur

Introduction.....	65
1. Définition	65
2. Rôle d'un échangeur.....	65
3. Règle de conception.....	66
4. Caractéristiques géométriques des échangeurs.....	66
5. Choix de l'échangeur.....	67

9. Assainissement

Introduction.....	69
1. Objectif de l'assainissement	69
2. Assainissement de la chaussée.....	69
3. Quelques définitions	71
4. Dimensionnement de réseau d'assainissement routier	71
5. Application au projet	74

10. Signalisation et éclairage

 Signalisation.....	80
1. Introduction	80
2. L'objet de la signalisation routière	80
3. Règles à respecter pour la signalisation	80
4. Type de signalisation	80
5. Application au projet	82

 Eclairage	85
Introduction	85
1. Catégories d'éclairage	85
2. Paramètres de l'implantation des luminaires	86
3. Application au projet	86

11. Impact sur l'environnement

Introduction et cadre de l'étude	87
1. Caractéristiques géométriques et géotechniques de la route	87
2. Définitions générales	87
3. Etat initiale de la zone d'étude.....	88
4. Conséquences de la trace	89
5. Conclusions	90

DEVIS QUANTITATIF ET ÉSTIMATIF ... 91

CONCLUSION *GÉNÉRALE*92

BIBLIOGRAPHIE

LISTES DES ANNEXES

- Annexe_01 : Axe en plan.
- Annexe_02 : profil en long.
- Annexe_03 : Tabulation.
- Annexe_04 : Volumes de terrassement.
- Annexe_05 : Volumes de chaussée

INTRODUCTION GENERALE

Connaissant l'importance et le rôle fondamentale des infrastructures de transport dans le développement économique, social et le désenclavement des régions les plus lointaines, l'Algérie s'est orientée vers le développement du secteur des travaux publics, un secteur très sensible, qui a connu un retard ces dernières années pour diverses raisons, économiques, sociales et sécuritaires. Pour cela, les pouvoirs publics n'ont pas lésiné sur les moyens où d'énormes sommes financières ont été mise pour le lancement de nouveaux projets, soutenir ceux qui sont en arrêt et remettre en état (entretien) les infrastructures dégradées.

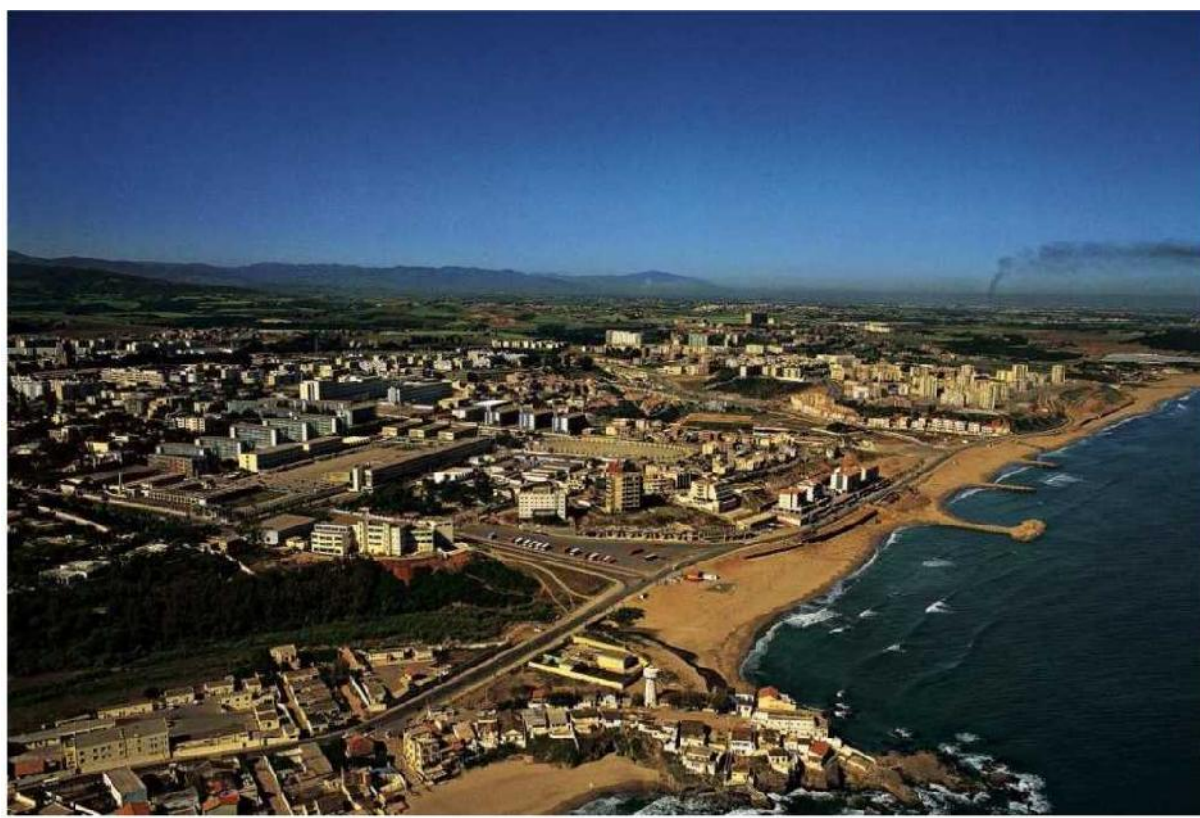
Le développement socioéconomique très remarquable de la région centre du pays et sa demande accrue en matière de transport durant les dernières années d'une part et les perspectives de développement global de l'Algérie dans un avenir proche, induisent une demande importante en matière de déplacement des personnes.

La réalisation de l'évitement de la ville de Boumerdes permettra de fluidifier les échanges sur l'axe du littoral (RN 24) et avec la CW 146, et de soulager la ville de Boumerdes d'un trafic de transit de plus en plus important, vu les perspectives de développement de la région.

PRESENTATION DE LA WILAYA



La wilaya de Boumerdes



Vue aérienne de la ville de Boumerdés

Introduction :

La wilaya de Boumerdès est une wilaya côtière du centre du pays et s'étend sur une superficie de 1 456,68 Km² avec 100 Km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri l'Ouest à la limite Est de la commune d'Afir.

Sa population est évaluée au dernier recensement de la population de 2008 à 801 068 habitants.

1.1. Historique de la wilaya :

La Wilaya de Boumerdès a été créée suite à la promulgation de la loi N° 84-03 du 04/01/1984 relative au découpage territorial administratif de 1985.

Elle s'étend sur une superficie de 1558,39Km² et compte au total 38 communes, elle est composée de 11 chefs lieu de daïra.

Mais suite à la création de 1997 du gouverneras du grand d'Alger deux dairates lui ont été enlevées (Rouïba et Reghaïa).

En définitive à compter du 01/01/1998 la wilaya de Boumerdès regroupe 32 communes et 09 daïras (Boumerdès – Boudouaou – Bordj Ménaiel – Baghlia – Dellys – Isser – Khemis El Khechna – Naciria et Thénia) , sa superficie a diminué à 1456,68Km² pour une population totale estimée au 31/12/2010 à 837 472 habitants soit une densité égale à 575 habitants au Km².

1.2. Cadre physique :

Au plan géographique, la Wilaya de Boumerdès est limitée :

-  au Nord, par la mer Méditerranée
-  au Sud-est, par la wilaya de BOUIRA
-  au Sud- Ouest, par la wilaya de BLIDA
-  à l'Ouest, par la wilaya d'ALGER

La Wilaya constitue un carrefour de passage de la capitale dont elle est distante de 45 Km vers l'Est du Pays et la Kabylie par des voies de communication diverses (chemins de fer et autoroute). Son chef lieu de wilaya est distant de 35 Km de

l'aéroport international d'Alger.

1.2.1. Relief Et Morphologie :

Le relief de la Wilaya se particularise par la juxtaposition d'ensembles physiques bien différenciés :

- une partie de la plaine de la MITIDJA orientale
- la zone des côtières d'Alger-Est et les vallées des oueds ISSER et SEBAOU
- la zone des collines de la chaîne côtière
- la zone des piedmonts
- La zone montagneuse

Il s'agit d'une topographie de plaines et de vallées au Nord, de collines et de plateaux dans sa partie intermédiaire et de montagnes au Sud.

La wilaya est caractérisée au Nord par la partie orientale de la large baie de Boumerdes au centre de laquelle se trouve son chef-lieu.

Cette baie est limitée à l'Ouest par la commune de Boudouaou El Bahri et à l'Est par le cap de Djinet , qui se prolonge par l'important dôme de Dellys , constitué de djebels dont celui de Bouberek (593 m).

La partie orientale de la baie (de Boumerdes à Djinet) est plus incurvée. Elle est constituée de petites baies : EL Kerma , Zemmouri El Bahri et Djinet (dans laquelle se jette l'oued Isser).

djebel Ben Arous , le djebel Zaier au Sud- Est de Boumerdes et les monts de Djinet. Ces reliefs sont d'altitude modeste mais bien individualisés. Ils encadrent la plaine de Zaatra, moutonnée, qui comprend l'importante vallée du bas Isser.

Cette plaine est un ancien golfe marin limité au sud par Bordj Menaiel.

Le Nord- Est de la wilaya est relativement accidenté et ne comporte que la seule vallée encaissée de l'oued SEBAOU.

Partout ailleurs dans la wilaya, on rencontre des piedmonts entrecoupés d'étroites vallées d'oueds et de vallées perchées dans le cadre montagneux au Sud.

1.2.2. Hydrographie :

Le territoire de la wilaya de Boumerdes est traversé par un important réseau Hydrographique. Outre les petits cours d'eau, il existe des oueds d'un débit appréciable tels que :

- l'oued SEBAOU
- l'oued ISSER
- l'oued LARBATACHE

➤ l'oued KEDDARA

Les débits de ces oueds, bien qu'importants en saison humide, sont en général irréguliers.

1.2.3. Climat :

La wilaya de Boumerdès est caractérisée par un climat méditerranéen (hivers froids et humides et étés chauds et secs)

La pluviométrie est irrégulière et varie entre 500 et 1 300 mm/an

Il y a lieu de signaler que la région de Dellys est plus arrosée que le reste de la wilaya avec une pluviométrie moyenne égale à 900 mm/an.

Les amplitudes thermiques annuelles sont en général faibles dans la wilaya ; ceci étant dû à la proximité de la mer. La température moyenne est de 18° près de la côte et de 25° à l'intérieur des terres.

1.2.4. Pédologie :

Du point de vue pédologique, la Wilaya dispose d'un potentiel en sols d'une grande valeur agronomique dont l'essentiel se trouve dans la vallée du bas Isser, la plaine du SEBAOU et de

la Mitidja. Ils se caractérisent par une texture fine et par leur aptitude à la pratique d'une agriculture intensive.

Suivant leur structure agro-pédologique, nous distinguons trois catégories principales de sols qui sont :

- les sols fertiles à haut rendement agricole formant les plaines du littoral dont une partie est souvent marécageuse (bordure des oueds).
- les sols cultivables mais parfois accidentés et exposés à l'érosion, propices à la pratique de la céréaliculture et de l'arboriculture rustique au niveau des piedmonts.
- les sols pratiquement incultes formant les massifs montagneux rocailloux, accidentés et recouverts de végétation forestière.

1.3. Population:

1.3.1. Évaluation de la population:

Entre 1998 et 2008 (date des deux derniers recensements de la population et de l'habitat), le taux d'accroissement annuel moyen de la wilaya était de 2,15 % ce qui s'est traduit par une augmentation de 153 679 personnes.

Au recensement général de la population et de l'habitat de l'année 2008, la wilaya de Boumerdès comptait 801 068 habitants.

A fin 2008, la population a été estimée à 809 889 habitants.

Durant l'année 2009, la population a augmenté de 15 908 habitants atteignant 825 797 habitants, soit un taux d'accroissement annuel de 1,96 % et une densité de 567 habitants/Km².

Les communes de Boumerdès, Bordj Menaiel, Boudouaou, Khemis El Khechna, Hammedi et Ouled Moussa sont les plus peuplées de la wilaya et dépassant la barre des 40 000 habitants. Ces dernières cumulent une population totale de 351 204 habitants, soit 42,53 % de la population totale de la wilaya.

Les plus fortes densités sont observées au niveau des communes de Ouled Hedadj et Boumerdès avec respectivement 3 110 Habitants/Km² et 2 230 Habitants/Km² alors que la commune de Ammal n'enregistre que 152 Habitants/Km²

1.3.2. Répartition selon la dispersion territoriale :

La répartition de la population par strate fait ressortir une concentration au niveau des agglomérations chefs lieux de communes (ACL) totalisant 473 477 habitants, soit 57,34 % de la population totale. Les agglomérations secondaires comptent 248 297 habitants, soit 30,07 % alors que la zone éparsée ne totalise que 12,60 % de la population totale de la wilaya.

Le ratio de concentration (Population agglomérée au chef lieu de commune/population totale) le plus fort est observée au niveau des communes de Ouled Hedadj et Souk El Had (respectivement de 90,05 % et 94,41 %). Le plus faible taux concerne la commune de Boudouaou El Bahri (7,32 %), le ratio moyen pour la wilaya étant de 57,34 %.

Le taux d'agglomération (population en zone agglomérée/population totale) varie de 99,61 % pour la commune de Boumerdès à 34,29 % pour la commune de Timezrit, le taux moyen pour la wilaya étant de 87,40 %.

1.4. Infrastructures :

1.4.1. Infrastructures routières :

De par sa position géographique, la longueur de ses routes et leur densité, la wilaya de Boumerdès représente en matière d'infrastructures routières une importance particulière.

En effet, la wilaya, qui constitue un passage obligé pour l'ensemble du trafic routier Est - Ouest et vers la Kabylie, compte 281,965 Km de routes nationales, 349,064 Km de chemin de wilaya, et 850,770 Km de chemins communaux dont 459,400 Km sont revêtus.

Type de Route	Total (KM)	Situation Physique	
		Revêtues	Non Revêtues
Route National	281,965	281,965	0
Chemins de wilaya	349,064	327,564	21,5
Chemins communaux	850,77	459,4	391,37
Totaux	1481,80	1068,93	412,87

Le réseau routier de la wilaya est relativement dense et bien structuré, surtout dans sa partie Nord, dans lequel prédominent les axes de dimension nationale et régionale.

Route National	Lieu d'origine	Lieu Fin	Linéaire (KM)
RN 5	Limite Wilaya d'Alger	Limite Wilaya de Bouira	37,031
RN12	Carrefour. RN5/RN12	Limite Wilaya de Tizi Ouzou	27,5
RN5A	Corso	Boumerdès	3,7
RN24	Limite Wilaya d'Alger	Limite Wilaya Tizi Ouzou	79,11
RN24D	Si Mustapha	Zemmouri	8,853
RN29	Limite Wilaya de Blida	Limite Wilaya de Bouira	35,372
RN29A	Hlaïmia (Boudouaou)	Khemis El Khechna	11,3
RN61	Limite Wilaya d'Alger	Boudouaou	3,364
RN68	Djinet	Limite Wilaya de Tizi Ouzou	37,355
RN71	RN24/RN71 Dellys	Limite Wilaya de Tizi Ouzou	13
RN25	Limite Wilaya de Tizi Ouzou	Carrefour RN24/RN25 Takdemet	16,9
RN25A	Carrefour RN25 /RN25 A	Dellys	8,48
Total			281,965

La wilaya de Boumerdès est traversée par deux (02) importantes voies express :

- La RN 61 qui se prolonge par la RN 05, et relie la capitale à l'Est du pays.
- La RN 12 qui relie la RN 05, au niveau du carrefour de Thenia à la kabylie, jusqu'à Bejaia ville.

En plus du réseau routier existant, la wilaya est traversée dans sa partie Sud-Ouest par l'Autoroute EST-OUEST sur un linéaire d'environ 30 km au niveau des communes Hammedi, Khemis El Khechna, Larbatache, El Kharrouba et Bouzegza Kaddara.

Dans le cadre des liaisons avec les grands projets projetés ou en cours de réalisation (autoroute Est-Ouest, 2^{ème} et 3^{ème} rocade autoroutière d'Alger), un nombre d'opérations de liaison avec ces projets sont programmées et proposées à savoir :

***La voie express Thenia-Alger :** Elle est formée par la RN61 et la RN5.Elle traverse la wilaya sur une longueur de 21,36Km.

***La Route Nationale N°5 :** Elle traverse la wilaya sur une longueur de 38Km est dessert les agglomérations de Boudouaou, Thenia, Beni Amrane, Ammel.

***La voie express Thenia-Tizi ousou (RN12):** Cette route express deux fois deux voies (2×2) traverse la wilaya sur une longueur de 27,5 Km dessert les agglomérations de Si Mustapha, Isser, Bordj Ménaiel et Naciria.

***La route Nationale N°24 :** Elle relie la wilaya d'Est en Ouest sur une longueur de 79km et dessert les agglomérations de Corso, Boumerdés, Zemmouri, Cap Djinet et Dellys.

En plus du réseau routier existant, la wilaya est traversée dans sa partie Sud-Ouest par l'Autoroute EST-OUEST sur un linéaire d'environ 30 km au niveau des communes Hammedi, Khemis El Khechna, Larbatache, El Kharrouba et Bouzegza Kaddara.

Dans le cadre des liaisons avec les grands projets projetés (autoroute Est-Ouest, 2^{ème} et 3^{ème} rocade autoroutière d'Alger).

1.4.2. Infrastructures ferroviaires :

Le réseau ferroviaire traverse la wilaya de BOUMERDES dans sa partie Nord ainsi que dans sa partie Sud-Est. Il est long de 67,5 Km et se répartit en trois tronçons :

- le tronçon à voie double électrifié de 20,5 Km relie Boudouaou à Thenia
- le tronçon de 17,20 Km relie Thenia à Ammal sur une seule voie

- Le tronçon Thenia_Naciria en une seule voie long de 29,5 Km.



Tronçon à voie double électrifiée (Thenia - Boudouaou)

Il est jalonné par 7 gares ferroviaires qui se présentent d'Ouest en Est comme suit :

- ✓ La gare de CORSO
- ✓ La gare de BOUMERDES
- ✓ La gare de THENIA
- ✓ La gare de ISSER
- ✓ La gare de BORDJ-MENAIEL
- ✓ La gare de NACIRIA

Quant aux halte ,au nombre, elles se présente d'Ouest en Est comme suit:

- la halte de BOUDOUAOU
- la halte de TIDJELABINE
- la halte de SOUK EL HAD
- la halte d'AMMAL
- la halte de SI MUSTAPHA

1.5. Secteur de la culture:

La wilaya se caractérise par un patrimoine culturel riche et varié de par l'existence de plusieurs sites archéologiques , historiques et monuments témoignant de la successions de plusieurs civilisations ;(Vestiges romains,

Phares, Mausolées, - Casbah,...)

La vieille ville de Dellys, située sur un site escarpé (Cap Bengut) offre un riche mélange de potentialités culturelles, historiques et touristiques avec plusieurs vestiges et monuments qui sont le témoignage des différentes civilisations ; datant des époques punique, romaine et turque. On y trouve notamment :

- Un gisement préhistorique de l'époque Acheuléenne à 3 km à l'Ouest de Dellys.
- De la mosaïque et de la maçonnerie romaine au niveau du lycée technique (basse ville).
- Un château d'eau romain à Bab Essour
- Des remparts (murs et bastions avec créneaux en pierre bâtie).

D'autres vestiges et gisements se trouvent à :

- Djinet (une fontaine)
- Bordj Menaiel (une tour)
- Si Mustapha, Thenia et Zemmouri (maçonnerie romaine).

Les mausolées de la wilaya :

- ✚ le mausolée Sidi El Herfi dans la basse casbah, dans la commune de Dellys
- ✚ le mausolée Sidi El Boukhari dans la basse casbah, dans la commune de Dellys
- ✚ le mausolée de Sidi Ameer Echerif au mont de Bouberrak dans la commune de Sidi Daoud
- ✚ le mausolée de Sidi Brahim situé au cimetière de la ville de Dellys. Il est sur un mont rocheux surplombant la mer.



La muraille de Dellys



La Casbah de Dellys

Les infrastructures du secteur de la culture comprennent une maison de la culture « Rachid Mimouni » à Boumerdès d'une capacité théorique de 350 places, 10 centres culturels, 2 théâtres à Bordj Menaiel et Isser de 150 places et 700 places respectivement et 3 salles de cinéma à Bordj Menaiel, Thenia et Baghlia non fonctionnelles.

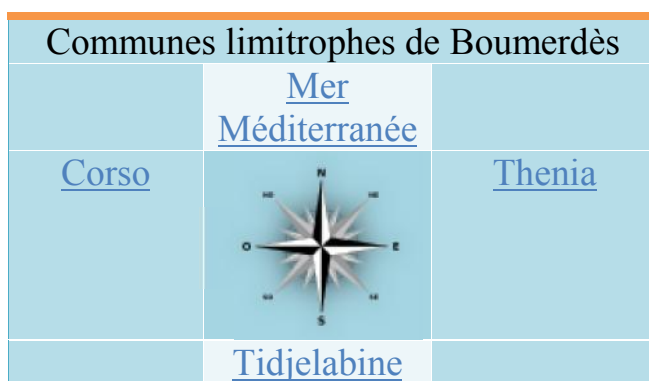
DISCRIPTION ET L'OBJECTIF DU PROJET

1. La Commune de Boumerdes :

Boumerdès anciennement Rocher Noir avant 1962 est une commune de la wilaya de Boumerdès , , son rapprochement des grands centres industriels localisés à Reghaia, Rouïba et Oued Smar ses moyens de communication divers (chemins de fer et réseau routier)

2. Situation de la commune :

Boumerdès est une ville située au bord de la mer Méditerranée, elle s'étend sur une plaine entre l'oued Corso à l'ouest et l'oued Boumerdès à l'est. À l'extrémité est de la commune descend un versant du djebel Bou Arous.



3. Discription du projet :

L'étude à traiter est un tracé neuf qui est implanté dans un relief accidenté. Le projet en étude c'est l'évitement de la ville de boumerdes(2^{ème} tranche) qui prend l'origine la fin de l'évitement (1^{er} tranche) au niveau de l'intersection avec CW146 projeté du sud Est de la ville de Boumerdes, après il se dirige a l' Est vers la RN24.

4. Objectif du Projet :

L'objectif principal de notre projet est de créer un évitement assurant le transfert d'une partie du trafic de la RN24 transitant par la ville de boumerdès. Cet objectif est défini comme suit :

- ✓ Décongestionner le trafic au niveaux de la ville de boumerdès.
- ✓ Améliorer de la sécurité et le confort de l'utilisateur.
- ✓ Relier directement les communes corso et zemmouri.
- ✓ Diminuer le temps du parcours et réduire le nombre d'accidents.
- ✓ Aide L'activité de zones industrielles et agricoles.

Introduction :

Les déplacements sont un reflet de l'organisation de l'espace et des liens entre les activités et les hommes, aussi en amont de toute réflexion relative à un projet d'aménagement, est-il nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant la connaissance des trafics.

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale qui convient à lui donner depuis le nombre de voies à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

Cette conception repose sur une partie « stratégie, planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

2.1. 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 un comptage. 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 des travaux projetés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation. (origine, destination).

2.2. Différents types de trafics :

2.2.1. Trafic normal :

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte le nouveau projet.

2.2.2. Trafic dévie :

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

2.2.3. Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

- ✚ Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- ✚ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

2.2.4. Trafics total :

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

2.3. Modèles de présentation de trafic :

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

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

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

On utilise la méthode de prolongation de l'évolution passée.

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

❖ **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 :

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

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

τ : est le taux de croissance = 4%.

n : nombres d'années.

2. 4. La procédure de détermination de 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 de TJMA horizon :**

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

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

T_0 , τ , n : sont définies précédemment.

• **Calcul des trafics effectifs:**

C'est le trafic traduit en unités des 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 :

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

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

- **Débit de point horaire normal :**

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

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12

Q : est exprimé en UVP/h.

- **Débit horaire admissible :**

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

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

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

Avec :

- ❖ **Valeurs de K_1 :**

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

❖ Valeurs de K_2 :

Catégorie Environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

❖ Valeurs de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Type de route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

• Calcul le nombre de voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

-Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

S. Q / Q_{adm} Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

2.5. Application au projet:

➤ **Données de trafics :** (donnée par la DTP de boumerdes)

Les résultats du comptage de trafic effectué en 2009 sur la RN24 et CW146 sont :

Route	Section	TJMA (v/j)	%PL
RN24	PK49	22 194	19 %
RN24	PK62	17 840	18 %
CW146	/	13 550	20 %

Le TJMA prévu sur l'évitement à l'année 2009 = 7620v/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 $P_L = 16\%$
- Celle ci est mise en service à l'année 2012
- La durée de vie 20 an.
- Le poids lourd reste constant sur toute la durée de vie de la route

➤ Application numérique :

- **Calcul de TJMA l'année de mise en service (2012):**

$$\text{TJMA (2012)} = (1 + \tau)^3 \text{TJMA (2009)}$$

$$\text{TJMA (2012)} = (1 + 0,04)^3 7620$$

$$\text{TJMA (2012)} = 8572 \text{ v/j}$$

- **Calcul de TJMA à l'année horizon :**

$$\text{TJMA(2032)} = (1 + \tau)^{20} \times \text{TJMA(2009)}$$

$$\text{TJMA(2032)} = (1 + 0.04)^{20} 7620 = 16696 \text{ v/j}$$

$$\text{TJMA(2032)} = 18782 \text{ v/j}$$

- **Calcul des trafics effectifs:**

- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, pour une route à bonne

Caractéristique et en environnement E3 on a $P=8$.

- Z : pourcentage poids lourd est égale à 16 %.

- Trafic effectif de l'année mise en service 2012 :**

$$T_{eff(2012)} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2012}$$

$$T_{eff(2012)} = [(1 - 0,16) + (8.0,16)] 8572$$

$$T_{eff(2012)} = 18170 \text{ uvp/j}$$

- Trafics effectifs à l'année l'horizon :**

$$T_{eff(2032)} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_h$$

$$T_{eff(2032)} = [(1 - 0.16) + 8 \times 0.16] \times 18782$$

$$T_{eff(2032)} = 39816 \text{ uvp/j}$$

- Débit de pointe horaire :**

$$Q = (1/n)_{Teff} \quad \text{avec } (1/n) = 0.12$$

- Année mise en service :**

$$Q = (0.12) T_{eff2012} = 0.12 \times 18170 = 2180 \text{ uvp/h}$$

- Année horizon :**

$$Q = (0.12) T_{eff2032} = 0.12 \times 39816 = 4778 \text{ uvp/h}$$

- Débit Horaire :**

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th} = 0.95 \times 0.95 \times 1800 \quad Q_{adm} = 1625 \text{ uvp/h}$$

- Nombre Des Voies :**

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

$$\text{Avec } S = 2/3$$

$$N = (2/3) \times (4778 / 1625) = 1,96 \quad \text{donc } N = 2 \text{ voies/sens}$$

TJMA 2009 (v /j)	TJMA 2012 (v /j)	TJMA 2032 (v/j)	Teff 2032 (uvp/j)	Q2034 (uvp/h)	Qadm uvp/h/voie	N° des Voies Par sens
7620	8836	18782	39816	4778	1 625	2

- **Résultats de calcul :**

D'après les normes de B40 et ces recommandations, le nombre de voie à retenir par sens est donc de 2 avec 3,50m chacune, soit un profil en travers de (2X2 voies) et des bandes d'arrêt d'urgence de 2,50 m par sens, la largeur de terre plein central (TPC) est de 3m ,

- Largeur de chaque voie **3.5 m.**
- Largeur de bande d'arrêt d'urgence égal à **2.50 m.**
- Largeur de TPC égal **3m.**
- Largeur de la berme est **1,0m.**

Voir chapitre de profil en travers.

- **Calcul de l'année de saturation :** On a :

$$T_{eff2012} = [(1 - 0,16) + 8 \times 0,16] \times 8571 = 18170 \text{ (uvp/j)}.$$

$$T_{eff2012} = 18170 \text{ (uvp/j)}.$$

Donc :

$$Q_{\text{Saturation}} = 2 \times Q_{\text{adm}}$$

$$Q_{\text{Saturation}} = 2 \times 1625 = 3250 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{2012/\text{ sens plus chargé}} = 2/3 \times 2180 \text{ (uvp/h)} \quad Q_{2012} = 1453 \text{ (uvp/h/sens)}.$$

$$Q_{\text{Saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{2012} \quad n = \log (Q_{\text{saturation}}/Q_{2012}) / \log (1+\tau)$$

$$n = \log (3250 / 1453) / \log (1+0,04) = 20,52 \approx 20 \text{ ans.}$$

$$\text{Donc l'année de saturation} = 2012+20 = 2032.$$

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure des
Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code :

Projet de Fin d'Études

Pour l'Obtention du Diplôme
D'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics

Thème

« Étude en APS et APD de l'évitement de boumerdes
2^{ème} tranche sur 10,45 km avec conception d'un
échangeur » »

Proposé par : SETS

Encadré par :

M^r Lounis Abdeslam

Présenté par :

Nadri Abdellah

Benhaoua Belkacem

Promotion 2012

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.

Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

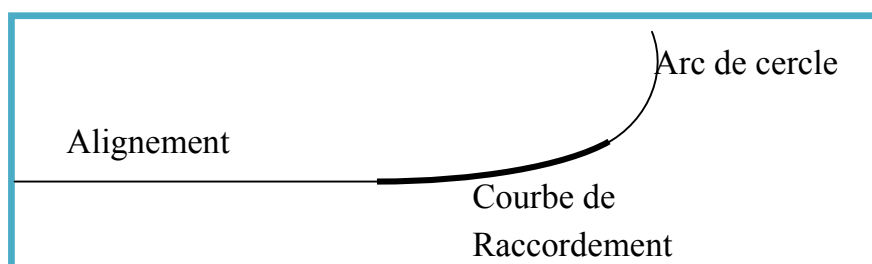
1.1. Regles a respecter dans le trace en plan :

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

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{Hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

1.2. Les elements du trace 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 :



1.2.a) Les alignements :

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

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

$$\left. \begin{array}{l} L_{\min} = 5V \\ L_{\max} = 60V \end{array} \right\} \text{ Avec } V \text{ en (m/s).}$$

1.2.b) Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

1.2.c) Les raccordements progressifs « CLOTHOÏDE » :

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

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

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurée ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

❖ Expression de la clothoïde :

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde).

$$K = C.L \quad ; \quad K = \frac{1}{R} \quad L.R = \frac{1}{C}$$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow$

$$\frac{1}{A^2} = \frac{L.R}{1}$$

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

❖ Les éléments de la clothoïde :

ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)

α : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

L : longueur de la branche de la clothoïde

X_m : Abscisse du centre du cercle

K_E : Extrémité de la clothoïde

A : Paramètre de la clothoïde

K_A : Origine de la clothoïde

τ : Angle des tangentes

SL : Corde ($K_A - K_E$)

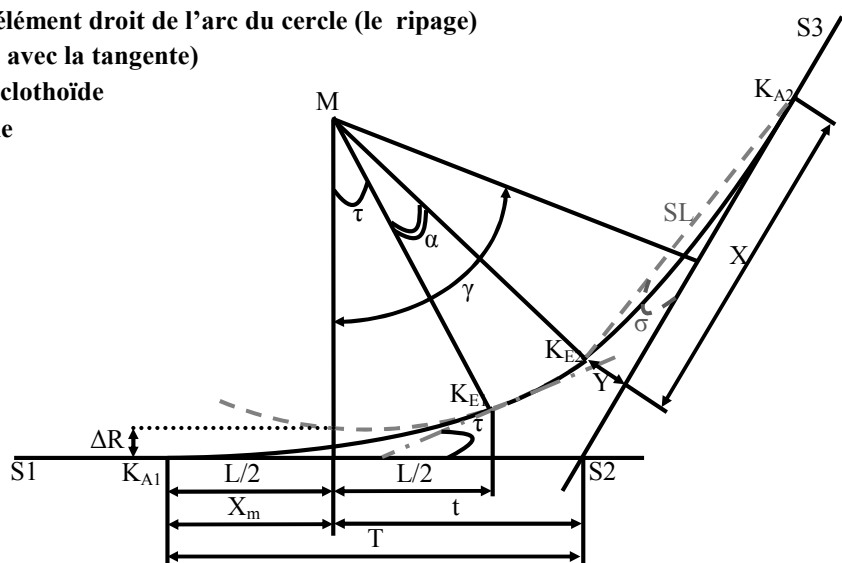
M : Centre de cercle

X : Abscisse de K_E

Y : Origine de K_E

t : tangente courte

T : tangente longue



❖ Les conditions de raccordement :

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 supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Pour $R \leq 1500$ □ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$

Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

Pour $R > 5000\text{m}$ □ ΔR limité à 2.5m soit $L = 7,75 (R)^{1/2}$

➤ Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{v^2}{R} - g.\Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2V_B$

Avec une gravitation $g = 9.8\text{m/s}$ on opte :

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

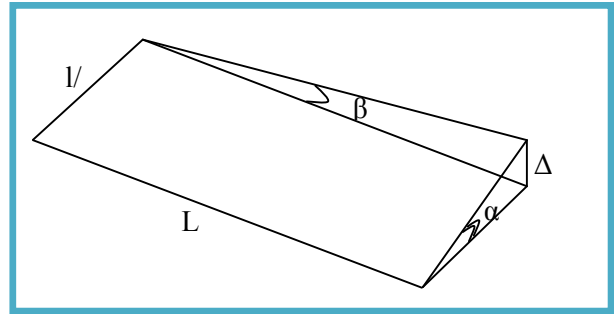
R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%).

➤ 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.

Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.



A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte. $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$

Nous avons :

$$L \geq L_{\Delta d} \cdot V_B$$

L : largeur de chaussée

1.3. La vitesse de référence (de base) :

La vitesse de référence (V_B) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers. 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 une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

• Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Type de route.
- ✓ Importance et genre de trafic.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

1.4. Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C2, dans un environnement E3, avec une vitesse de base $V_B = 60 \text{ km/h}$.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40.

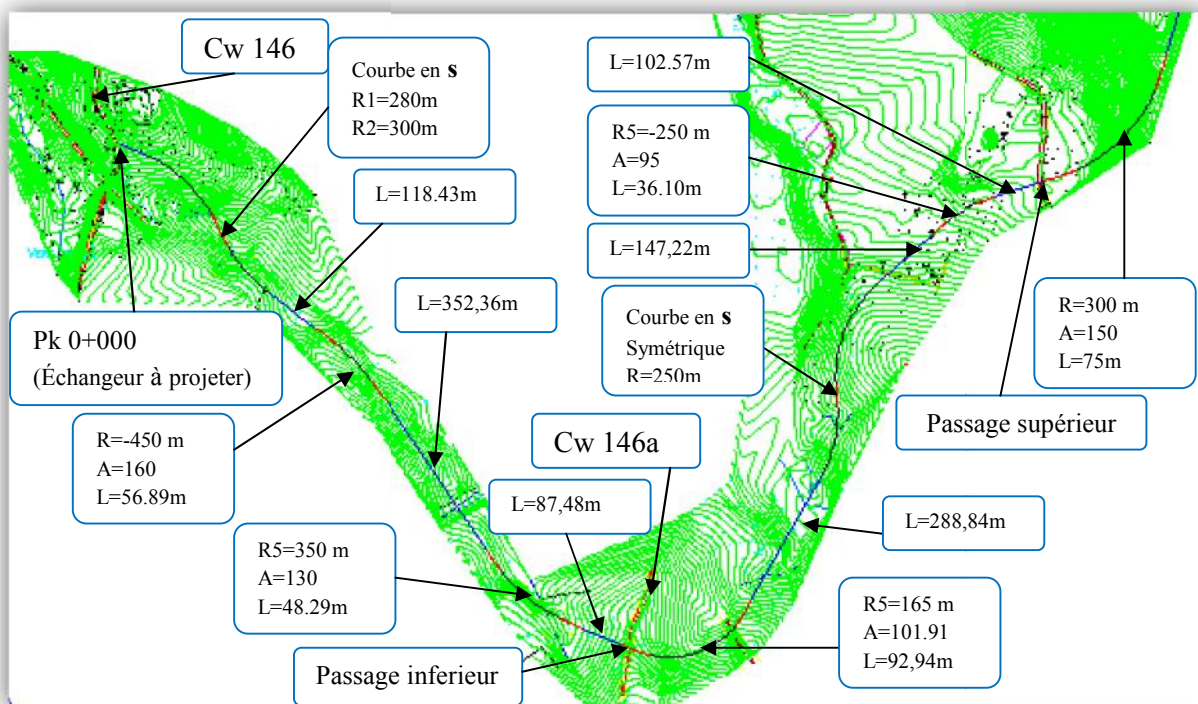
Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V_B	60	km/h
Longueur minimale	L_{min}	83.33	m
Longueur maximale	L_{max}	1000	m
Devers minimal	d_{min}	2.5	%
Devers maximal	d_{max}	7	%
Temps de perception réaction	t_1	1.8	S
Frottement longitudinal	f_L	0.42	
Frottement transversal	f_t	0.16	
Distance de freinage	d_0	34	m
Distance d'arrêt	d_1	64	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d_m	250	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d_N	350	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{Md}	120	m
RHm	RHm	125 (7 %)	m (%)
RHN	RHN	250 (5 %)	m (%)
RHd	RHd	550 (2.5 %)	m (%)
RHnd	RHnd	800 (-2.5 %)	m (%)

Tableau -1- paramètres du tracé en plan.

1.5. choix des elements geometriques :

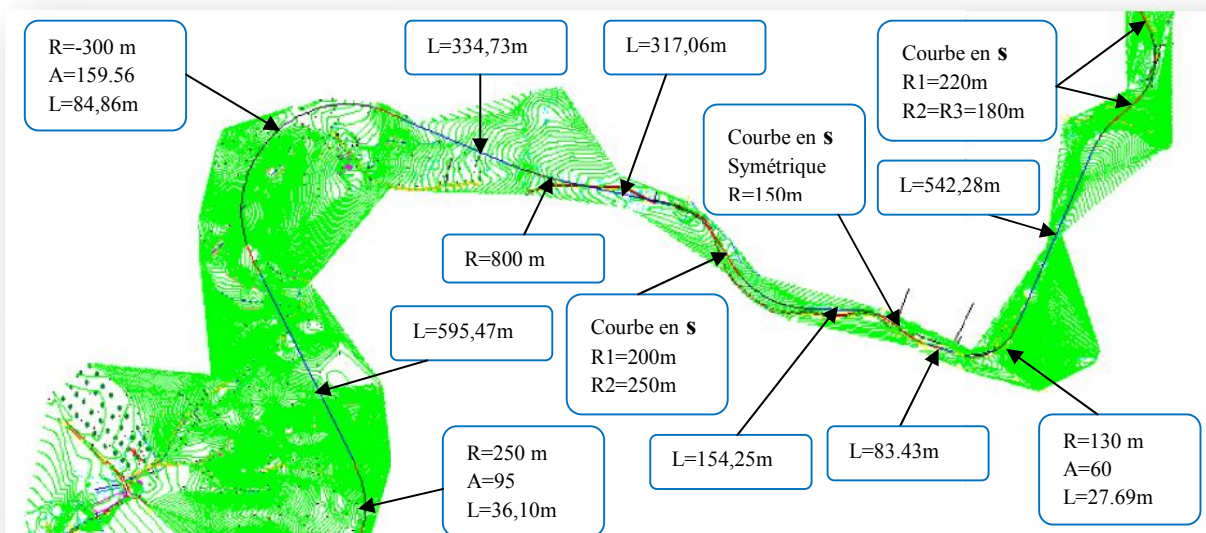
La forme générale de notre tracé composée de trois tronçons, selon la direction, les contraintes à franchir et la topographie du terrain.

Le 1^{er} tronçon :

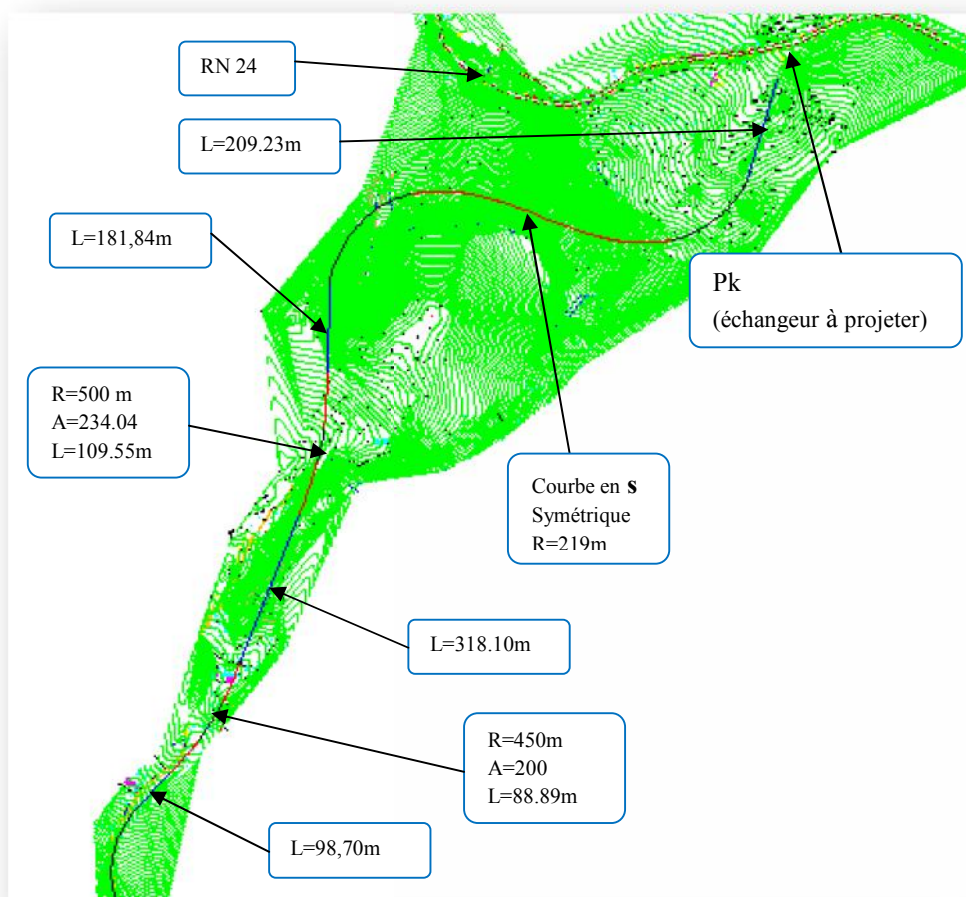


Le 1^{er} tronçon entre le PK 0+000 et le PK 3+293

Le 2^{ème} tronçon :



Le 2^{ème} tronçon entre le PK 3+293 et le PK 7+894

Le 3^{ème} tronçon :

Le 3^{ème} tronçon entre le PK7+894 et le PK 10+435

1.6. Calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

- ✓ Calcul de gisements.
- ✓ Calcul de l'angle γ entre alignements.
- ✓ Calcul de la tangente T.
- ✓ Calcul de la corde SL.
- ✓ Calcul de l'angle polaire σ .
- ✓ Vérification de non chevauchement.
- ✓ Calcul de l'arc de cercle.
- ✓ Calcul des coordonnées des points singuliers.

❖ Calcul manuel des raccordements :

• Courbe avec Clothoïde:

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

$V_B = 60 \text{ km/h}$	$x(m)$	$Y(m)$	$R_1(m)$
$S_1 (P_1)$	16949.5635	21040.7431	500
$S_2 (P_2)$	17040.5539	21271.1226	
$S_3 (P_3)$	17045.7034	21477.6122	

Détermination de L :

▪ Condition de confort optique :

$$R \leq 1500m \quad \square \quad \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

On prendre $\Delta R = 1m$

$$\text{Donc } L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = 109.55m$$

▪ Condition de (confort dynamique+ gauchissement) :

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot V_B$$

$$\underline{R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}}$$

$$\Delta d = d - (-2.5) , d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) \frac{d_{\min} - d_{RHN}}{\frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{HN}}} \Rightarrow$$

$$d = 2.94\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \cdot (2.94\% - (-2.5\%)) \cdot 60$$

$$L \geq 45.33m$$

$$L = \max (109.55, 45.33).$$

Donc on prend :

$$L = 109.55m$$

➤ **Calcul du paramètre A :**

On sait que : $A^2 = L.R$

$$A = \sqrt{L.R} =$$

Donc on prend : **A = 234.04**

La condition $R/3 \leq A_{min} \leq R$ elle est vérifiée, $(166.66 \leq A_{min} \leq 500)$

➤ **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{109.55^2}{24 \times 500} \quad \square \quad \boxed{\Delta R = 1.00m}$$

Calcul des Gisements :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$$G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|17040.5539 - 16949.5635|}{|21271.1226 - 21040.7431|}\right)$$

$$G_{S1}^{S2} = 23.947 \text{ gr}$$

$$G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \quad \square \quad G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|17045.7034 - 17040.5539|}{|21477.6122 - 21271.1226|}\right)$$

$$G_{S2}^{S3} = 1.587 \text{ gr}$$

➤ **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 22.359 \text{ gr}$$

➤ **Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{109.55}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{109.55}{2.500} \times \frac{200}{\pi} = 6.974 \text{ gr}$$

➤ **Vérification de non chevauchement :**

$$\tau = 6.974 \text{ gr}$$

$$\gamma/2 = 22.359/2 = 11.179 \text{ gr} \quad D'où : \tau < \gamma/2 \quad \Rightarrow \quad \text{pas chevauchement}$$

➤ **Calcul des distances :**

$$\overline{2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(90.9904)^2 + (230.3795)^2} = 247.697\text{m}$$

$$\overline{3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(5.1495)^2 + (206.4896)^2} = 206.550\text{m}$$

➤ **Calcule de l'abscisse du centre du cercle :**

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 54.753\text{m}$$

➤ **Abscisse de KE :**

$$x = L \left(1 - \frac{L}{40.R^2} \right) = 109.418 \text{ m.}$$

➤ **Origine de KE :**

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 3.997 \text{ m}$$

➤ **Calcule de la tangente :**

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \left(\frac{y}{2} \right), \text{ On a: } L/R = 0.219$$

À partir des tables des clothoïdes ligne N°349, on tire les valeurs suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta R/R = 0.002 \quad \square \quad \Delta R = 1.00 \\ X_m/R = 0.10955 \quad \square \quad X_m = 54.753 \\ X/R = 0.218836 \quad \square \quad X = 109.418 \\ Y/R = 0.007994 \quad \square \quad Y = 3.997 \end{array} \right.$$

$$\text{Donc : } T = 54.753 + (500+1.00) \cdot \operatorname{tg}(11.197) = 143.648\text{m.}$$

➤ **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(109.418)^2 + (3.997)^2} = \mathbf{109.491\text{m.}}$$

➤ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \operatorname{arctg} \left(\frac{y}{x} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{3.997}{109.418} \right) = \mathbf{2.324 \text{ gr.}}$$

➤ Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 22.359 - 13.948 = \mathbf{8.41gr.}$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{500 \times \pi \times 8.41}{200} = \mathbf{66.052m.}$$

➤ Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (K_{E1} - T) \sin(G_{S1}^{S2}) = 16987.786m. \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (K_{E1} - T) \cos(G_{S1}^{S2}) = 21137.519m. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S2} + T \sin(G_{S2}^{S3}) = 17044.135m. \\ Y_{KA2} = Y_{S2} + T \cos(G_{S2}^{S3}) = 21414.726m. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 17024.262m. \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 21240.755m. \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 17037.412m. \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 21305.442m. \end{cases}$$

Introduction :

Le profil en long est la coupe longitudinale suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé. Il est constitué généralement d'une succession d'alignements droits raccordés par des paraboles (courbes circulaires).

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans la lisibilité de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Dans la conception l'échelle des longueurs (en abscisse) est en général celle du plan de situation, tandis que l'échelle des hauteurs (en ordonnées) est 10 fois plus grand pour accuser les déclivités qui sans cela seraient presque imperceptibles.

2.1. Les règles à respecter pour la trace de la ligne rouge

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

Parmi ces conditions il y a lieu :

- ✓ De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ D'éviter les angles rentrants en déblai, pour 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.
- ✓ Recherche 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.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou bien par une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

2.2. Coordination de la trace en plan et du profil en long :

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en longs, considérés isolément, soient aux règles qui leur sont propres. Il faut aussi que le tracé en plan et le profil en long de la route aient l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination.

La coordination du tracé en plan et du profil en long a pour objectif principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route (conditions de visibilité et autant que possible un certain confort visuel).

Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise coordination tracée en plan et profil en long sont :

- ✓ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- ✓ Le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- ✓ Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long, puis respecter la condition :

$R_{vertical} > 6 \times R_{horizontal}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

❖ La déclivité :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

➤ Déclivité minimum :

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

➤ Déclivité maximum :

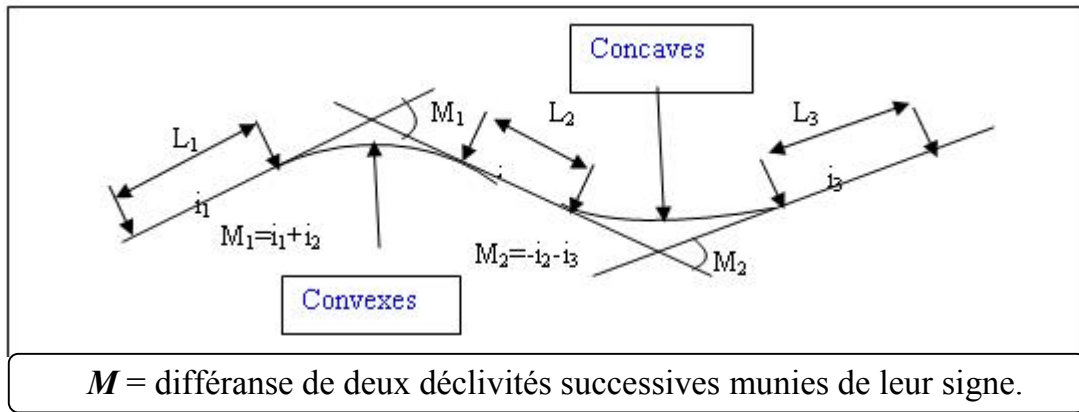
La déclivité maximale dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence.
- ✓ Vitesse minimum de **PL** (vitesse minimum).
- ✓ Condition économique (coût des transports, coût de construction).

2.3. Raccordements en profil en long

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

On distingue deux types de raccordements :



2.3.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Leur rayon vertical R_v doit satisfaire deux conditions.

- ✓ **Condition de confort :** Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) »,

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'où : $R_v \geq 0,30 V^2$ (cat 1-2).

$$R_v \geq 0,23 V^2$$
 (cat 3-4-5).

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

- ✓ **Condition de visibilité :** Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplante celle de condition confort.

Il faut que pour 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 :

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

D_I : distance d'arrêt (m),

h_0 : hauteur de l'œil (m),

h_1 : hauteur de l'obstacle (m),

Dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » : $h_0 = 1,1 \text{ m}$,
 $h_1 = 0,15 \text{ m}$

On trouve $R_v = 0.24 D_I^2$

2.3.2. 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 :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0,035 \times d_1)}$$

Les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le tableau suivant (*selon le B40*) :

Catégorie		C₂
environnement		E₃
Vitesses de base (Km/h)		60
Rayon en angle saillant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) R_{vM} (minimal absolu) en m R_{vN} (minimal normal) en m	1000 2500
Rayon en angle rentrant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies) R_{vM} (minimal absolu) en m R_{vN} (minimal normal) en m	1200 2400
Déclivité max	6%	

2.4. Détermination pratiques du profil en long

Ce calcul consiste à déterminer toutes les coordonnées des points particuliers du raccordement, tout calcul des éléments du profil en long doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ✓ Donnée La pente P₁ de la droite (AS)
- ✓ Donnée la pente P₂ de la droite (DS)
- ✓ Donnée le rayon R_c

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

$$X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0.$$

A l'équation de la parabole $X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$

Calcul de la flèche :

$$H=T^2/2R$$

✓ *Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :*

$$M \begin{cases} B=T^2/2R \\ Z_M=Z_B+X P_1-T^2/2R \end{cases}$$

✓ *Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T)*

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

$$X_1=Rp_1$$

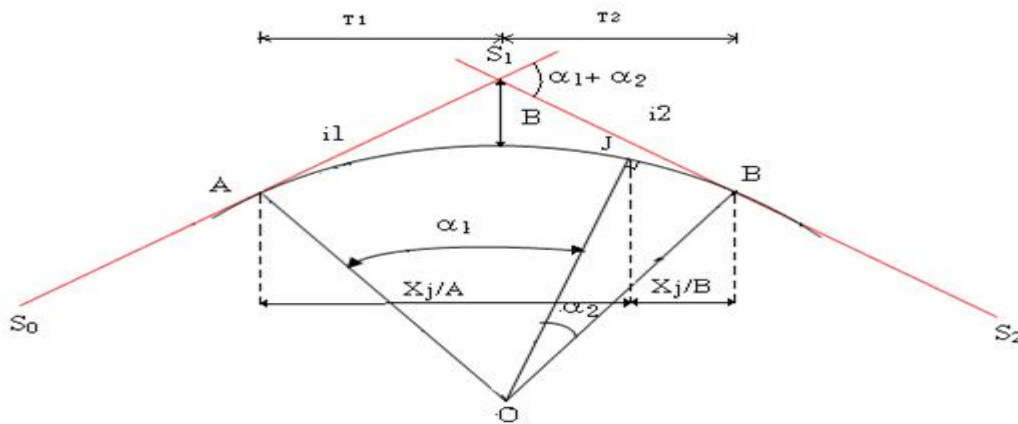
$$X_2=Rp_2$$

$$J \begin{cases} X_J=X_B-R.P_1 \\ Z_J=Z_B+X_1.P_1-T_1^2/2R \end{cases}$$

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

• **EXEMPLE DE CALCUL:**

▪ **Raccordement (convexe) :**



▪ **Élément de raccordement :**

S	X (m)	z (m)	R (m)
S0	3248.7055	131.0083	9000
S1	3593.2899	151.8590	
S2	3906.3994	162.0977	

1-Calcul des pentes :

$$i_1 = (z_1 - z_0) / (x_1 - x_0) = 6.05\%$$

$$i_2 = (z_2 - z_1) / (x_2 - x_1) = 3.27\%$$

2-Calcul de T

$$T_1 = T_2 = R * (|i_1 - i_2|) / 2 = 125.14m$$

La longueur de la courbe est : $2 \times T = 250.28m$

3-Calcul de la bissectrice

$$B = T^2 / 2R = 0.87m$$

4-Calcul des points Tangents :

✓ *Calcul des coordonnées du point A*

$$X_A = X_{S1} - T = 3468.147m$$

$$Z_A = Z_{S1} - (i_1 * T) = 144.487m$$

✓ *Calcul des coordonnées du point B*

$$X_B = X_{S1} + T = 3718.433m$$

$$Z_B = Z_{S1} + (i_2 * T) = 155.951m$$

5-calcul du sommet courbe J

$$X_{j/A} = R \times i_1 = 544.50m$$

$$X_{j/B} = R \times i_2 = 294.3m$$

$$X_j = X_A + X_{j/A} = 4012.647m$$

$$Z_j = Z_A + (X_{j/A} * i_1) - ((X_{j/A})^2 / 2R) = 160.958m$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe de profile en long.

Introduction:

Le profil en travers est une coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

La largeur de la chaussée est fonction de l'importance du trafic.

3.1. Différent type de profil en travers :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit concerner deux types de profil en travers :

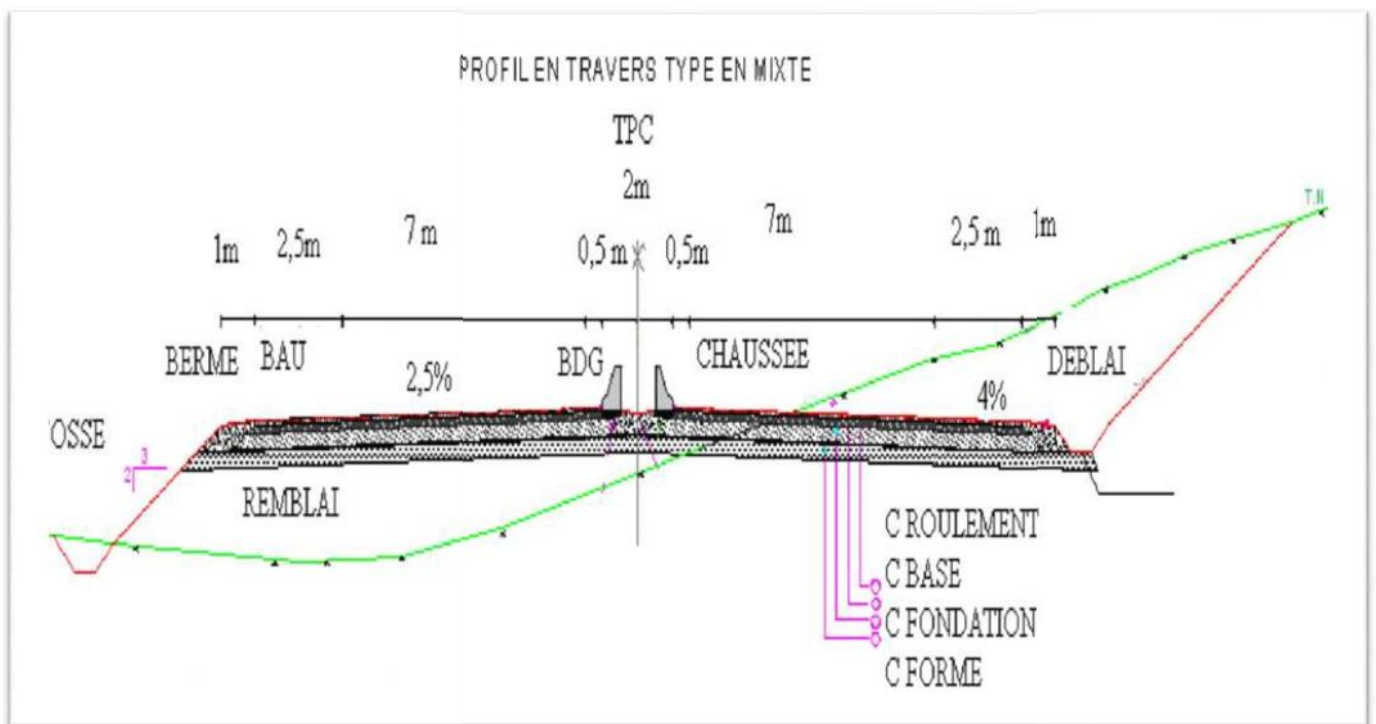
- **profil en travers type** : Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).
- **profil en travers courants** : Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

3.2. Les éléments constitutifs du profil en travers :

- ✓ **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- ✓ **L'assiette** : C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route délimitée par les terrassements.
- ✓ **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 et les bandes d'arrêts.
- ✓ **Chaussée** : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.
- ✓ **Accotement** : Se sont les zones latérales de la plate forme que bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasées ou surélevés.
- ✓ **Fossé** : Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies par la route et les talus.
- ✓ **Terre plein central (TPC)** : La terre pleine centrale, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens géométrique) du point de vue structural, il comprend :
 - Les deux sur-largeurs de chaussées supportant des bandes de guidages
 - Une partie centrale.
- ✓ **Bande Dérasée** : Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle comporte le marquage en rive
- ✓ **B.D.G** : Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.
- ✓ **Bande médiane** : Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

- ✓ **Berme** : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, est généralement engazonné.
- ✓ **Bonde d'arrêt d'urgence (B.A.U)** : C'est une partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclue la sur-largeur structurelle de la chaussée.
- ✓ **Sur-largeur (S)** : C'est la sur-largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

3.3. Application au projet :



Le projet est constitué de:

- Deux chaussées de deux voies de **3,5m** chacune.
- Un terre-plein central de **03 m**. comprenant :
 - ✓ Bande dérasée gauche BDG de 0.5m
 - ✓ Bande médiane de 2m
- accotement de **3.5m** comprenant :
 - ✓ Une Bande d'Arrêt d'Urgence de 2.5 m.
 - ✓ Une berme 1m.

La largeur total de notre plate forme de route et égale à 24m.

Introduction:

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront 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, appliquée aussi bien au sol que l'on rencontre dans la nature et qui supporte de construction d'une route et des massifs de terres artificiels (remblai).

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.

Pour cela on fait des essais en laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

4.1. Les objectifs d'une étude géotechnique :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- ✓ le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- ✓ la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ l'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de gisement.

4.2. Réglementation algérienne en géotechnique:

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

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

- ✓ **Les essais de laboratoire** : essais d'identification et de classification.
- ✓ **Les essais en place** : essais pénétromètre statique ou dynamiqueetc.,

4.3. Les différents essais en laboratoire:

Les essais de laboratoire sont dans tous les cas nécessaires pour préciser et compléter la nature et le comportement des sols. En géotechnique routière les essais plus utilisés dans laboratoire sont.

4.3.1. Les essais d'identification:

➤ Teneur en eau et masse volumique :

✓ **La teneur en eau (w%)** : La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (**en masse**) par rapport au matériau sec :

$$w \% = \frac{\text{masse de l'eau contenue (Ww)}}{\text{masse de matériau sec (Ws)}} \times 100$$

✓ **Masse volumique**: masse du sol par unité de volume du sol (t/m³)

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

On calcule aussi la masse volumique sèche $\gamma_d = \frac{w_s}{v}$

➤ Analyses granulométriques :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

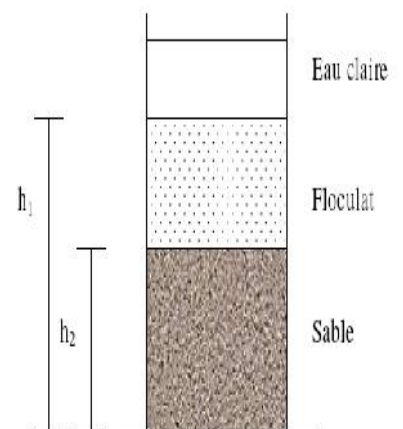
Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à **80 μ m** et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à 80 μ m.

➤ Équivalent de sable :

Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution floculant destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h_2 du sable et la hauteur h_1 du sommet du floculat.



On calcule ensuite :

$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

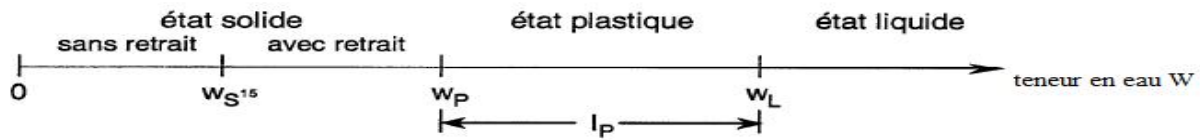
➤ Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg caractérisent le comportement des sols fins en présence d'eau en pratique on détermine à l'aide de l'appareil de Casagrande.

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

La limite de plasticité w_p caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

La limite de liquidité w_L est caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide,



On définit alors **l'indice de plasticité I_p** :

$$IP = w_L - w_p$$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants :

$IP < 12$: Faiblement argileux

$12 \leq IP < 25$: Moyennement argileux

$25 \leq IP < 40$: argileux

$IP \geq 40$: Très argileux

➤ **Essai au bleu de méthylène VBs:**

Il s'agit d'un autre paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol mais dont l'application à l'identification des sols remonte seulement à quelques années. Ce paramètre représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules du sol, ou autrement dit une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol

La valeur de bleu, notée **VBs** (valeur de bleu du sol) et exprimée en grammes de bleu pour 100 g de sol.

Le tableau suit donne la sensibilité à l'eau des différents sols en fonction de la valeur au bleu de méthylènes.

Sensibilité à l'eau	Seuil VBs	Sols
Insensibles	0.1	
Éventuellement sensible	0.2	
Sensible	0.2 à 1.5	Sablo-limoneux
	1.5 à 2.5	Sablo-argileux
	2.5 à 6	limoneux
	6 à 8	argileux
	Sup à 8	Très argileux

4.3.2. Les essais mécaniques:

➤ Essai PROCTOR :

Ces essais permettent de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau et à rechercher la relation entre la densité sèche γ_d et la teneur en eau ω pour une énergie E de compactage donnée.

En pratique l'énergie de compactage E correspond à un nombre de coups de dame standard correspondant soit :

L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

L'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

	<i>Proctor normal</i>	<i>Proctor modifié</i>
Poids de la dame (kg)	2.495	4.54
Hauteur de la chute (cm)	30.5	45.7
Nombre de couches	3	5
Nombre coups de dame/couche	55	55

➤ Assai C.B.R (California Bearing Ratio):

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'indice portant CBR exprime le rapport, en % entre les pressions produisant un enfoncement donné dans un sol et dans un sol de référence (grave concassée).

Le principe de l'essai consiste à enfoncer un poinçon normalisé de **19.3 cm²** à la vitesse de **1.27 mm/mn** dans le sol compacté selon l'essai Proctor modifié

I _{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

➤ Essai Los Angeles:

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

➤ **Essai Micro Deval :**

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

4.4. Les essais in situ :

4.4.1. Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie « z », le déplacement, la pression « q » le rayon de charge « a » et les caractéristiques du massif « E ». Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5 \text{ CBR}$.

4.4.2. Les essais pressiométriques :

❖ **Pénétromètre statique :**

L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.

❖ **Pénétromètre dynamique :**

L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tubes lisses muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.

4.5. Condition d'utilisation des sols en remblais :

Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

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

NOTE :

Vue que le rapport géotechnique ne nous a pas été remis car il n'a pas été réalisé nous n'avons pas traité la partie géotechnique.

Introduction:

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

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

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres très fondamentaux suivant :

- ✓ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds)
- ✓ Les matériaux utilisés
- ✓ La portance du sol support désignée par son indice **CBR**.
- ✓ La durée de vie de la chaussée

5.1. La chaussée:

5.1.1. 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.

5.1.2. Les différents types de chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

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

Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

- **Couche de surface :** La couche surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de **roulement** et d'une couche de **liaison**.

La **couche de roulement** a pour rôle:

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

La **couche de liaison** a pour rôle essentiel :

- ✓ d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.
- ✓ étanchéité de l'assise

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

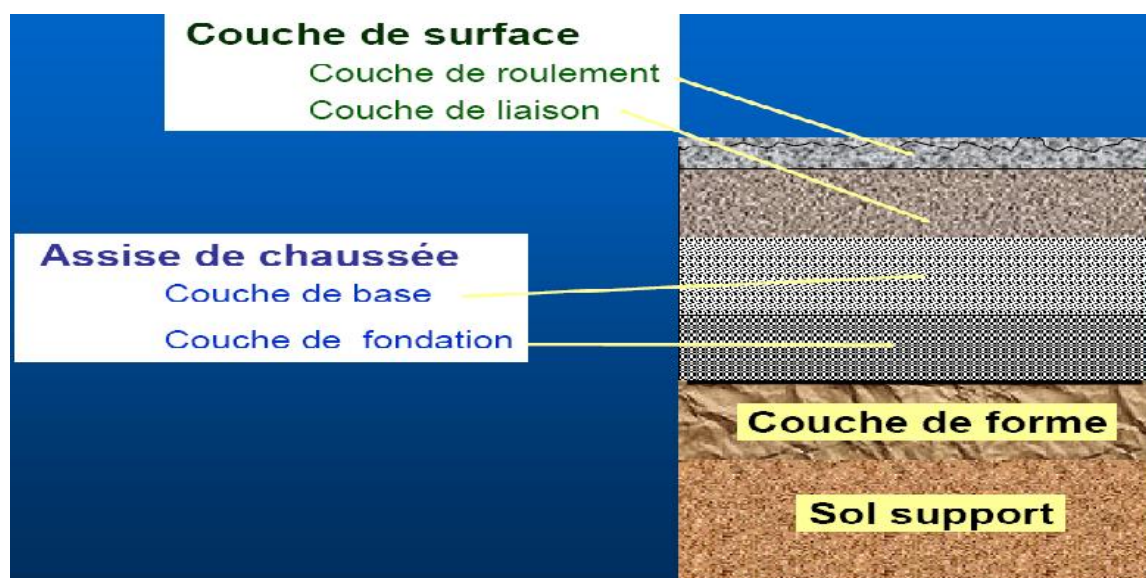
- **Couche de base** : Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

- **Couche de fondation** : Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.
- **Couche de forme**: Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs en fonction de nature de sol support.
 - ✓ Sur un sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface ;
 - ✓ Sur un 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,



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

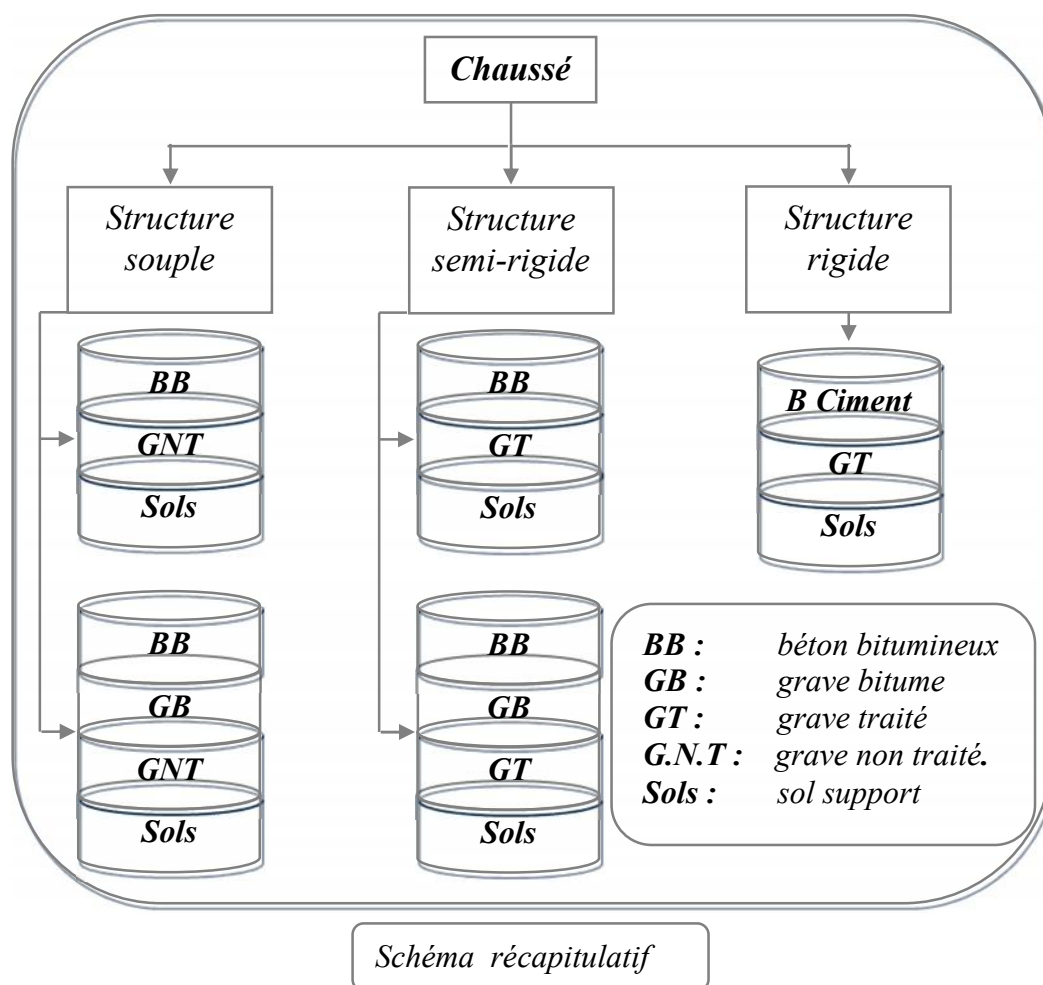
mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

Chaussée semi-rigide:

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques 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.



5.2. Paramètres pris en compte pour le dimensionnement :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au :

➤ **Trafic :**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes). il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

➤ **Environnement :**

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

➤ **Le sol support :**

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

➤ **Matériaux :**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

5.3. Les principales méthodes de dimensionnement:

On distingue deux familles des méthodes :

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

5.3.1. Méthode de C.B.R(California.Bearing.Ratio) :

C'est une méthode (semi – empirique) qui se basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90 - 100%) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de **BOUSSINEQ**, soit inférieur à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

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:

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

Avec:

E_{eq} : épaisseur équivalente en cm

I_{CBR} : indice CBR (sol support)

N : nombre de poids lourds par sens par voie la plus chargée

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 et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « c » appelé coefficient d'équivalence. L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$E_{eq} = C_i \times e_i$$

C_i : coefficients d'équivalence.

e_i : épaisseurs réelles des couches.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

<i>Matériaux utilisés</i>	<i>Coefficient d'équivalence 'C'</i>
Béton bitumineux ou enrobe dense	2
Grave bitume	1,5
Grave ciment	1
Sable ciment	1 à 1,2
Grave concasse ou gravier	1
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0,75
Sable	0,5
Tuf	0,6

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e_1 » et « e_2 » et on calcule « e_3 ».

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 à 8 cm. GB = 10 à 20 cm. GC = 15 à 25 cm.

GE = 15 à 30 cm. TVO = 25 cm et plus.

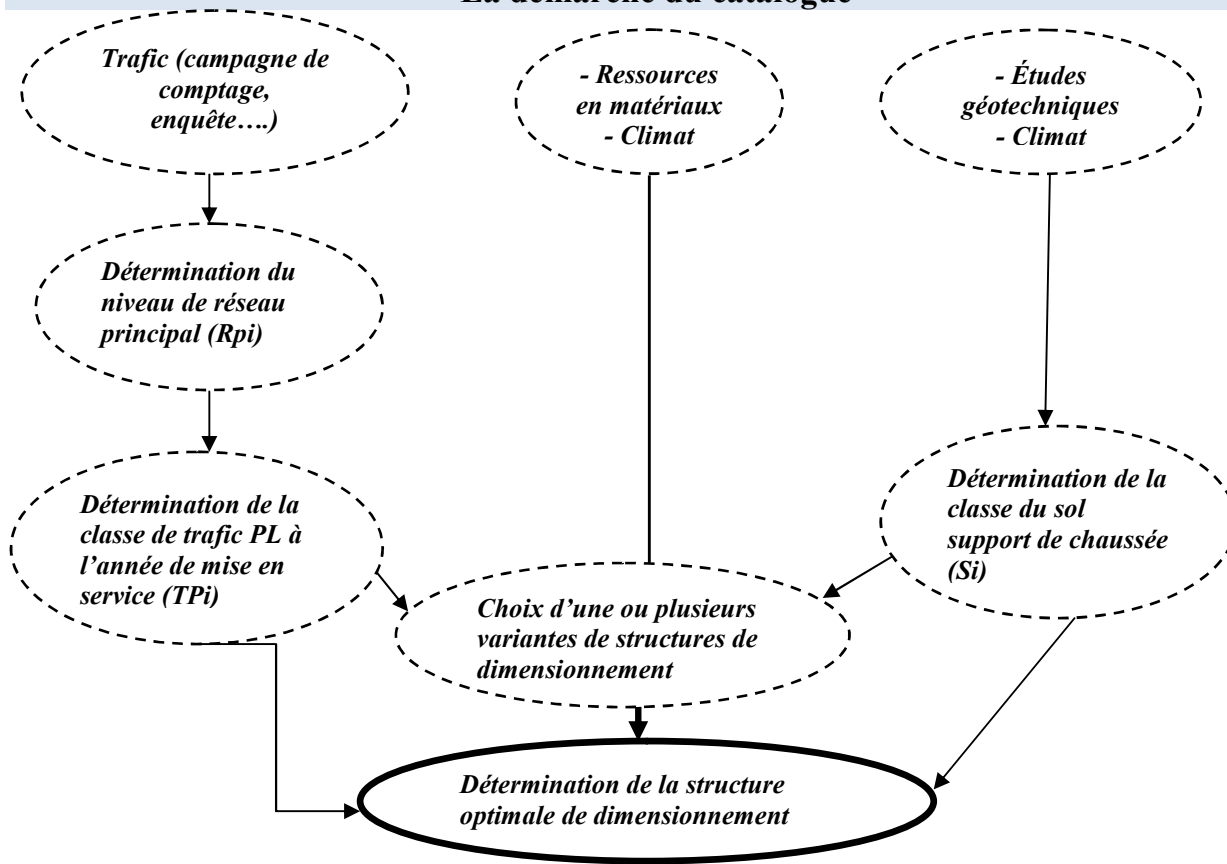
5.3.2. Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des 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.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est **une méthode rationnelle** qui se base sur deux approches (Approche théorique, Approche empirique).

La démarche du catalogue



5.4. Application au projet:

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2009.
- TJMA2009=7620 v/j
- Mise en service : 2012
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $t = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 16 \%$
- ICBR = 5

5.4.1. Méthode CBR :

Détermination de N_{pl2032} :

$$TJMA_{2012 \text{ (par sens)}} = 7620(1+0.04)^3 \times 0.5 = (4286 \text{ v/j}) \text{ sens}$$

$$PL_{2012} = 4286 \times 0.16 = (686 \text{ PL/j}) \text{ sens.}$$

$$PL_{2032} = 686 \times (1 + 0.04)^{20} = (1504 \text{ PL/J}) \text{ sens}$$

Chaussées unidirectionnelles à 2 voies 90% du trafic PL sur la voie lente de droite
 Chaussées unidirectionnelles à 3 voies 80% du trafic PL sur la voie lente de droite
 Chaussées bidirectionnelles à 2 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite
 Chaussées bidirectionnelles à 3 voies 50% du trafic PL sur la voie lente de droite

$N_{PL\ 2032} = 1504 \times 0.9 = 1354 \text{ PL/j/sens}$ par la voie la plus chargée.

Donc l'épaisseur équivalente :

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

P : charge par roue, $P = 6.5 \text{ t}$ (d'essieu de 13 t)

Log : logarithme décimal

N = 1354 PL//j/sens ; **I_{CBR}** = 05

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{1354}{10})}{5 + 5} = 57 \text{ cm}$$

▪ **Couche de roulement**

e₁ = 6 cm en béton bitumineux (BB) $\Rightarrow$ **c₁ = 2,0**

• **Couche de base**

e₂ = 15 cm en grave bitume (GB) $\Rightarrow$ **c₂ = 1,5**

• **Couche de fondation**

e₃ = épaisseur en Grave non traite (GNT) $\Rightarrow$ **c₃ = 1,0**

$$57 = 6.2 + 15.1, 5 + e_3.1$$

$$\Rightarrow e_3 = 57 - 34,5 = 22,5 \text{ on prendre } 25 \text{ cm}$$

Après la vérification de logiciel allizeIII la structure : 6(BB) +15(GB) +25(GNT) n'est pas vérifier donc on augmentée l'épaisseur de la structure sous forme 6(BB) +20(GB) +25(GNT).

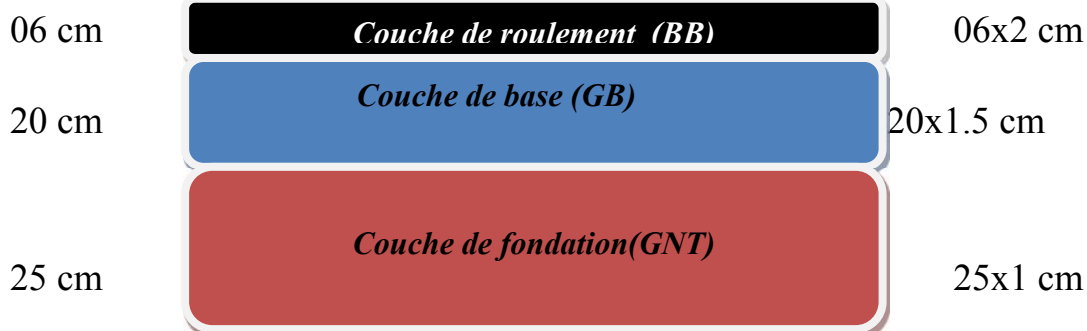
NB : les résultats du programme allizeIII trouvez dans l'annexe (tableaux 1 et 2).

O n aura:

Couches	e réelles (cm)	C _i	e _{eq} (cm)
BB	06	02	12
GB	20	1.5	30
GNT	25	1	25
Total	51cm		67cm

C'est-à-dire : Épaisseur réelles est de

$$6(\text{BB}) + 20(\text{GB}) + 25(\text{GNT}) = 51\text{cm}$$



Épaisseur réelle = 51cm

Épaisseur équivalente = 67cm

5.4.2. Méthode du Catalogue (CTTP):

➤ Détermination du type de réseaux principaux

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

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

L'année de mise en service 2012

$$\text{TJMA}_{2009} = 7620(\text{V/J}).$$

$$\text{TJMA}_{2012} = 8572\text{V/J} > 1500 \text{ V/J}$$

Donc Le réseau principal est **RP1**

➤ Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPL_i) est déterminée à partir de **trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.**

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

$$\text{TPL}_{2012} = 8572 \times 0.16 \times 0.5 \times 0.9 = 618 \text{ PL/J/sens (voies plus chargées)}.$$

$$\text{Donc on a } 600 < 618 < 1500$$

Donc la classe de trafic est **TPL_5**

✓ **Calcul le trafic cumulé**

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

i : taux d'accroissement 4%

n : durée de vie 20 ans

$$TC_i = [618 \times 365((1+0.04)^{20} - 1)] / 0.04$$

$$TC_i = 6.717 \times 10^6$$

✓ **Calcul le trafic cumulé équivalent**

$$TCE_i = TC_i \cdot A$$

A : coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t

On **RP1** et chaussée à matériaux traité au bitume donc **A=0.6**

Donc $TCE_i = 6.717 \times 10^6 \times 0.6 = 4.03 \times 10^6$ essieu équivalents de 13t

➤ **Détermination de la portance de sol support de chaussée:**

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 classes de sols:

CBR = 05 .D'après le catalogue, l'ordre de portance de sol est de: **S3**.

Classe de sol	indices
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

➤ **Amélioration de la portance du sol support:**

Dans notre cas on a un sol faible portance S3, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40 cm en 2 couches de **TVO** ou **Tuf** permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2 Comme suit :

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

➤ La structure recommandée par le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement :

- ✓ réseau principal niveau 1 (RP1) GB /GNT
 - ✓ zone climatique I
 - ✓ durée de vie 20 ans
 - ✓ le taux d'accroissement 4%
 - ✓ TPL5 ;S2
- 6(BB) +20(GB) +30(GNT)**



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

il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'AlizeIII, soit inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$.

ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : étant la déformation verticale sur le sol support.

- Risque de calcul : $r = 10\%$
- Couche de roulement : **6 cm** de béton bitumineux.
- Température équivalente: $\theta_{eq} = 20^\circ C$
- Sol support : classe de sol support S2 : $E=5 \times 11 = 55 \text{ Mpa}$, $\nu=0.35$
- Condition aux interfaces : toutes les couches sont collées.
- Donnée de calage : $K_c=1.3$
- $TCEI=4.03 \times 10^6$ essieu équivalents de 13t

✓ Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

$$\epsilon_{z, ad} = 22.10^{-3} \times TCEI^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z, ad} = 22.10^{-3} \times (4.03 \times 10^6)^{-0.235} = 616.8 \times 10^{-6}$$

✓ Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t, ad}$ à la base de GB :

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

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEI}{10^6} \right)^b = \left(\frac{4.03 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.816$$

$$K_\theta = \left(\frac{E(10^\circ C, 10 \text{ Hz})}{E(\theta_{eq}, 10 \text{ Hz})} \right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000} \right)^{0.5} = 1.336$$

$$K_r = 10^{-tb\delta} \text{ avec } r=10\%, \text{ d'où } t=-1,282; b=-0.146$$

$$c=0,02; SN=0,45; SH=3 \text{ cm.}$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh \right)^2} = \sqrt{0,45^2 + \left(\frac{0,02}{-0,146} \times 3 \right)^2} = 0.61$$

$$K_r = 10^{-1,282 \times 0,146 \times 0,61} = 0.769; K_c = 1.3$$

$$D'ou : \varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.816 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3 = 108.98 \times 10^{-6}$$

➤ Vérification par ALIZE III:

Vérification de la structure 6(BB) +20(GB) +30(GNT):

POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 5

Z		EPSILON T	SIGMA T	EPSILON Z	SIGMA Z
.00	E= 40000. NU= .35 H1= 6.00	.104E-03C	.941E+01B	-.848E-04C	.662E+01A
6.00	COLLE	.472E-04C	.552E+01B	-.520E-04C	.603E+01B
6.00	E= 70000. NU= .35 H2= 20.00	.472E-04C	.722E+01B	-.549E-04C	.603E+01B
26.00	COLLE	-.913E-04C	-.856E+01C	.852E-04B	.424E+00B
26.00	E= 3125. NU= .25 H3= 15.00	-.913E-04C	-.215E+00C	.163E-03B	.424E+00B
41.00	COLLE	-.114E-03C	-.380E+00C	.130E-03C	.230E+00C
41.00	E= 1250. NU= .25 H4= 15.00	-.114E-03C	-.106E+00C	.222E-03C	.230E+00C
56.00	COLLE	-.120E-03C	-.142E+00C	.182E-03C	.160E+00C
56.00	E= 500. NU= .25 H5= INFINI	-.120E-03C	-.247E-01C	.342E-03C	.160E+00C
D	49.81MM/100			R*D	
R	829.63M				41324.19M*MM/100

$$(\varepsilon_{t.cal} = 0.913 \times 10^{-4} < \varepsilon_{t.adm} = 1.09 \times 10^{-4}) \quad (\varepsilon_{z.cal} = 0.342 \times 10^{-3} < \varepsilon_{z.adm} = 0.617 \times 10^{-3})$$

Vérification de la structure 6(BB) +20(GB) +25(GNT):

POSITION DE LA VALEUR MAXIMALE POUR UN JUMELAGE
A SOUS UNE ROUE SIMPLE
B SOUS UNE DES ROUES DU JUMELAGE
C AU CENTRE DU JUMELAGE
A= 12.500 D= 37.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 4

Z		EPSILON T	SIGMA T	EPSILON Z	SIGMA Z
.00	E= 40000. NU= .35 H1= 6.00	.113E-03C	.988E+01B	-.932E-04C	.662E+01A
6.00	COLLE	.516E-04C	.575E+01B	-.565E-04C	.601E+01B
6.00	E= 70000. NU= .35 H2= 20.00	.516E-04C	.763E+01B	-.593E-04C	.601E+01B
26.00	COLLE	-.103E-03C	-.976E+01C	.945E-04B	.313E+00B
26.00	E= 1250. NU= .25 H3= 25.00	-.103E-03C	-.537E-01C	.266E-03B	.313E+00B
51.00	COLLE	-.114E-03C	-.127E+00C	.188E-03C	.174E+00C
51.00	E= 500. NU= .25 H4= INFINI	-.114E-03C	-.161E-01C	.362E-03C	.174E+00C
D	53.04MM/100			R*D	
R	776.03M				41159.69M*MM/100

$$(\varepsilon_{t.cal}=0.103 \times 10^{-3} < \varepsilon_{t.ad}=0.109 \times 10^{-3}) \quad (\varepsilon_{z.cal}=0.362 \times 10^{-3} < \varepsilon_{z.ad}=0.617 \times 10^{-3})$$

Résume :

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

Indice CBR =05	méthode	
	CBR	C.T.T.P
	6(BB) +20(GB) +25(GNT)	6(BB) +20(GB) +25GNT
Epaisseur équivalente	67 cm	67 cm + 40cm
Epaisseur réelle	51 cm	51cm + 40cm

Conclusion :

D'après les tableaux ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs moins importantes.

La méthode CBR c'est une méthode empirique ne prend pas en considération le comportement physique et mécanique de chaussée.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue et les différents paramètres soit physiques ou mécaniques, alors nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- ✓ Augmentation de la longévité de la route.
- ✓ La réduction des coûts d'entretien.
- ✓ Méthode appliquée au contexte algérien et validé par le ministère des travaux publics.

Donc après les calculs et la vérification des déformations par ALLIZE III, on prend la structure qui est donnée par la méthode de catalogue algérien, **6 (BB) + 20 (GB) +25 GNT**.

Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle **les cubatures des terrassements**.

7.1. Définition :

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

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

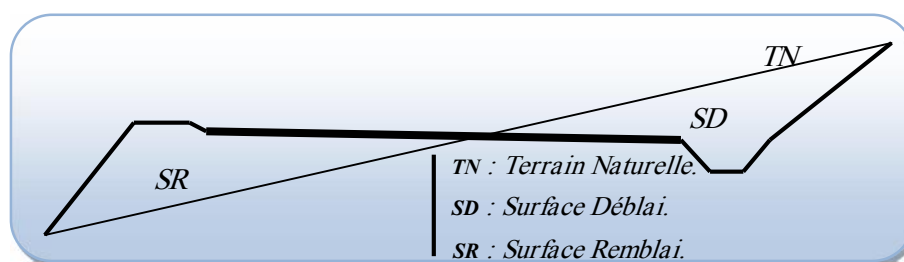
7.2. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

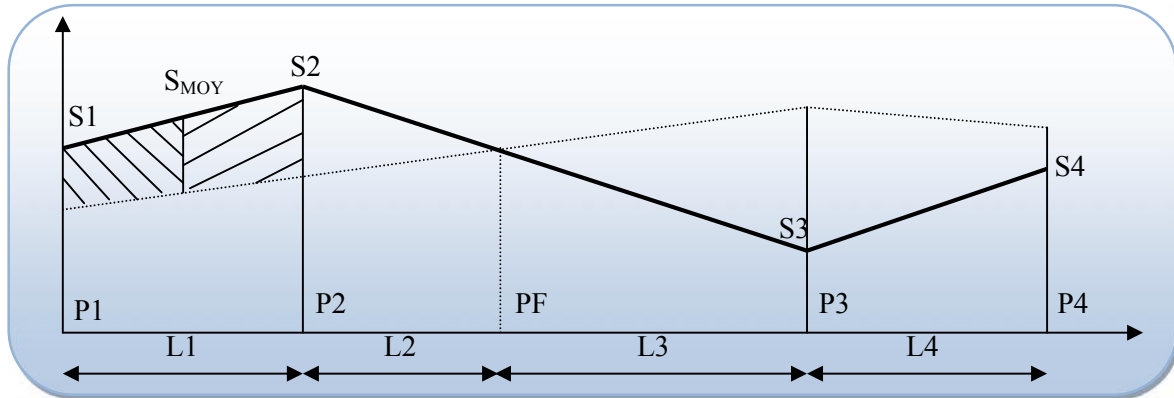
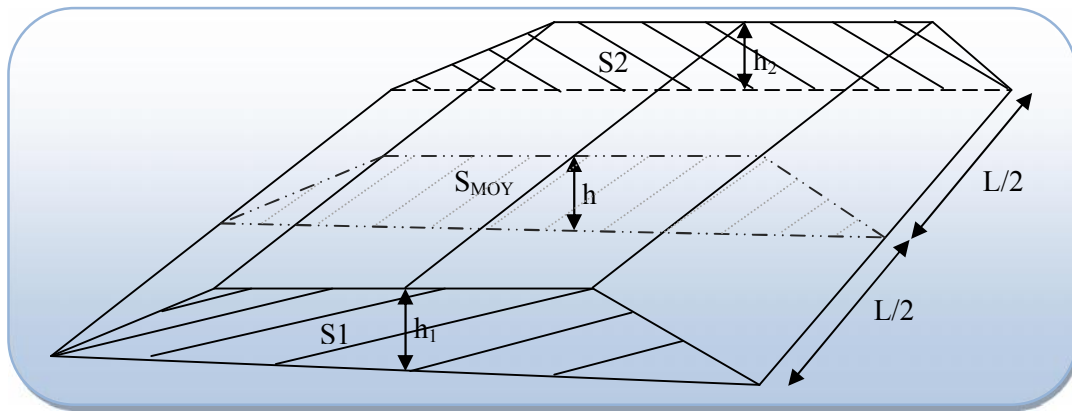
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.



• Formule de Mr sarraus :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

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



- ✓ **PF**: profil fictive, surface nulle.
- ✓ **Si**: surface de profil en travers P_i .
- ✓ **Li** : distance entre ces deux profils.
- ✓ **S_{MOY}** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

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

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre } P_2 \text{ et } PF$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre } PF \text{ et } P_3$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre } P_3 \text{ et } P_4$$

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

Le calcul de terrassement s'effectue à l'aide de logiciel Piste (5.05)

Voir L'Annexe

Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas.

Pour la réalisation de l'infrastructure du l'évitement, il a été prévu de construire 05 ouvrages d'art courants, desquels un Passages Supérieurs (PS), un ouvrages pour l'échangeur et trois ponton d'oueds.

7.1. Au niveau des voies de rétablissement:

Les intersections avec les routes et pistes secondaires vis-à-vis de l'évitement doivent être dénivélé par des rétablissements routiers selon le cas de remblais ou bien de déblais.

En général, il sera rétabli systématiquement :

- ✓ Les routes nationales RN.
- ✓ Les chemins de wilaya CW.
- ✓ Les chemins ruraux ou agricoles les plus importants ou les mieux adaptés à regrouper le trafic des chemins voisins.

Les ouvrages de franchissement sont identifiés en fonction du profil en long de notre évitement, soit par un passage supérieur (PS) ou un passage inférieur (PI) par rapport notre évitement.

• Rétablissements préconises :

Le tableau suivant récapitule les passages des routes dont il est nécessaire de tenir compte de leurs rétablissements:

Désignation	PK (évitement)	Type de passage	PROFIL EN TRAVERS	GABARIT (m)
Rétablissement 1 CW146a	1+450	PS	1,0+7,0+1,0	5.25
Rétablissement 2 Chemin communal	2+830	PI	/	/

7.2. Au niveau des oueds :

- **Pont sur oued** : Ce pont, débutant au PK 0+200 et s'achevant au PK 0+300, présente 100 mètres d'extension.

- **Pont sur oued boumerdes** : Pour la traversée de la ligne d'eau et de la vallée de l'Oued boumerdes, dont la dimension implique passer outre une vallée profonde, il a été prévu de réaliser un pont. Ce pont, débutant au PK 2+820 et s'achevant au PK 2+860, présente 40 mètres d'extension.

- **Pont sur oued** : Ce pont, débutant au PK 3+560 et s'achevant au PK 3+800, présente 240 mètres d'extension.

Introduction :

Si l'intensité de la circulation devient trop forte, pour s'accommoder d'un écoulement intermittent des véhicules et surtout lorsque l'importance des itinéraires n'est pas compatible avec les systèmes d'arrêt et de reprises, on est conduit à supprimer le carrefour plan en faisant le croisement des routes à des niveaux différents.

8.1. Définition :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir. Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les par:

Nœud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.

Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.

Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

8.2. Rôle d'un échangeur :

Le but d'un échangeur est de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré et par ordre d'importance les divers sens de par cours utilisés par les usagers de la route.

➤ Avantages de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- ✓ Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne conditions de confort et de sécurité.
- ✓ Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ✓ Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- ✓ Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ✓ Assure la continuité du réseau autoroutier.

➤ Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

8.3. Règle de conception :

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, est pour alléger son prix de revient en évite :

- ✓ Passage sur terrain agricole.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- ✓ Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

8.4. Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quelque soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

-  Pont.
-  Carrefour (s) plan (s).
-  Bretelles.

➤ Pont :

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne **pont**.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- ✓ Le type d'échangeur choisi.
- ✓ La condition de coordination profil en long-tracé en plan.
- ✓ Les contraintes du terrain d'implantation.
- ✓ Les instructions et réglementation de conception.

➤ Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche.

➤ Bretelles :

Se sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une

section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

❖ Type de bretelles :

Il y a trois type de bretelles, leurs combinaisons nous donne plusieurs types d'échangeurs

- ✚ Bretelles diagonal
- ✚ Bretelles anse
- ✚ Bretelles en boucle

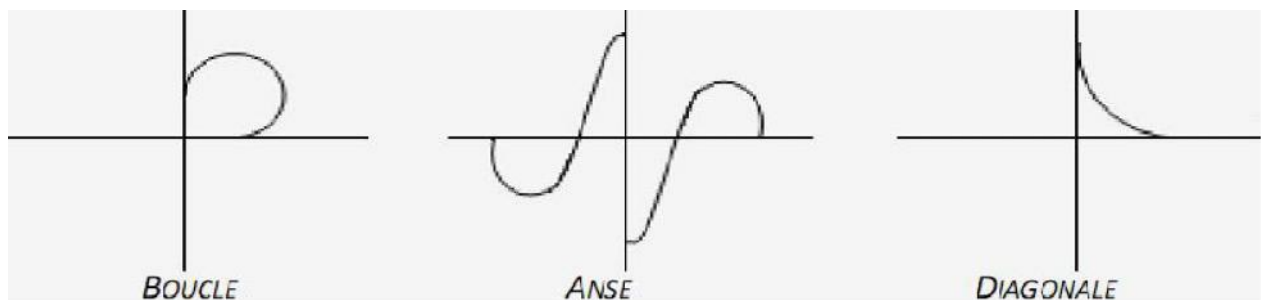


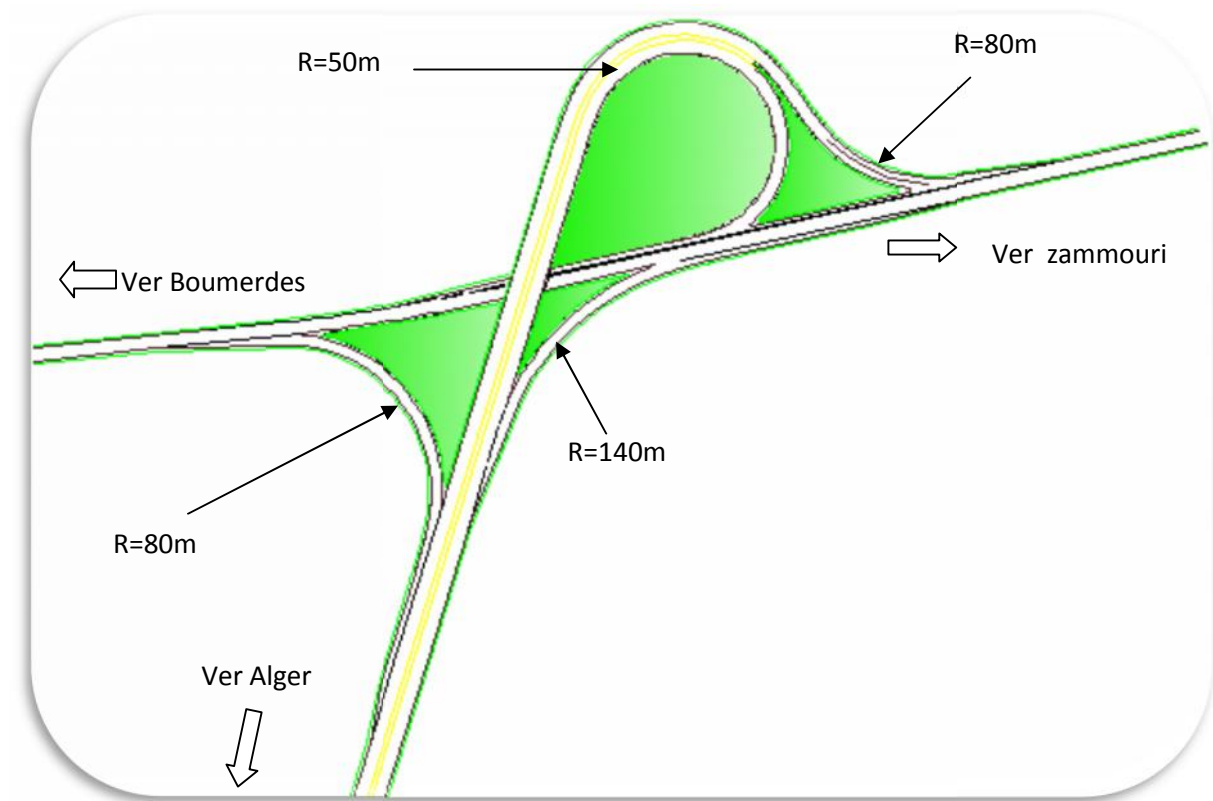
Figure : represent les types des bretelles.

8.5. Choix de l'échangeur :

Notre échangeur va relier RN 24 en (2voies) avec l'évitement en (2×2voies), Ces deux routes sont très convoitées c'est-à-dire qu'elles connaissent un grand trafic, pour l'évitement un trafic de 7620v/j et pour la RN24 un trafic de 17840v/j (selon le comptage de l'année 2009). Pour relier ces deux axes routiers nous avons choisis un échangeur mineur de type trompette pour les raisons suivantes :

- ✓ L'échangeur assurer une bonne sécurité aux usagers et offrant une bonne visibilité.
- ✓ Assurer une bonne fluidité du trafic.

Les caractéristiques géométriques des différents constituants de trompette.



Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est l'ennemie première de la route, car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée. Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.). En plus, elle influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradations provoquées par les eaux sont engendrés comme suit :

- **Pour les chaussées:**
 - ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
 - ✓ Désenrobage.
 - ✓ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
 - ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).
- **Pour les talus :**
 - ✓ Glissement.
 - ✓ Érosion.
 - ✓ Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

9.1. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

9.2. Assainissement de la chaussée

La détermination du débouché a donné 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 un 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.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les **3 %**.

➤ **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 :**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

➤ **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant de la route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

➤ **Descentes d'eau :**

Dans les sections de l'évitement en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,5 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les **25m** lorsque la pente en profil en long est supérieure à **1%**. Par contre la pente est inférieure à **1%**, leur espacement est varié entre **20m** à **10m**.

9.3. Quelques définitions :

➤ **Bassin versant :**

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

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur 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 devrait pas dépasser 80 à 100m.

➤ **Sacs :**

C'est un 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.

➤ **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

➤ **Décante d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

➤ **Les regards :**

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

9.4. Dimensionnement de réseau d'assainissement a projeté :

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

$$Qa \leq Qs$$

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

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

9.4.1. Le débit d'apport :

Calculé par la méthode Rationnelle selon la formule suivante :

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

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

K : Coefficient qui permet la conversion des unités.

I : Intensité moyenne de la pluie (mm/h).

C : Coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (Km^2).

➤ **Aire du bassin versant 'A'**: Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes. Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- ✓ Les surfaces **A** sont mesurées au planimètre en Km^2 ,
- ✓ Les longueurs de talweg principal **L** sont mesurées au curvimètre en Km,
- ✓ La pente **P** est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur **L** en m/m.

➤ **Coefficient de ruissellement 'C'**: Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée.

Sa valeur est obtenue en tenant compte des deux paramètres suivant :

- ✓ La couverture végétale,
- ✓ La forme,
- ✓ La pente et la nature du terrain 'qualité de sol'.

En présence de zones de perméabilités différentes sa valeur est donnée par :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n c_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

(A_i , $i = 1, n$) étant les surfaces élémentaires auxquelles correspondent les coefficients c_i , $i=1, n$ et $\sum_{i=1}^n A_i$, la surface totale du bassin.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobé	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

➤ **La hauteur de la pluie journalière maximale annuelle:**

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \cdot \exp(u \cdot \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)})$$

Avec :

P_{jmoy} : pluie moyenne journalier (mm),

C_v : coefficient de variation climatique,

U : variable de Gauss.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence :

Fréquence (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (U)	0,000	0,841	1,282	1.645	2,057	2,327

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 dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

➤ **La hauteur de la pluie de durée $t=t_c$:**

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

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

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

b : Exposant climatique.

t_c : Temps de concentration (heure).

➤ **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, Giandothi, comme suit :

Lorsque ($A < 5 \text{ km}^2$) :

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Lorsque ($5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$) :

$$t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

Lorsque ($25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$) :

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8 \sqrt{H}}$$

Tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de l'affluent ou oued le plus long du bassin versant (km).

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

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

➤ **L'intensité horaire :**

$$i = \frac{P(t)}{tc}$$

i : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (heure).

P(t) : Hauteur de la pluie de durée tc (mm).

9.4.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages :

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.

$$Q_s = K.S.R_h^{2/3}.I^{1/2}$$

S : Section mouillée (m²).

I : Pente longitudinale de l'ouvrage.

K : coefficient de MANNING STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage Avec :

- **K=30** (fossé en terre), **K= 80**(fossé en béton).
- **K =70** : Paroi en bétons (dalots).
- **K =80** : Paroi en bétons (buses préfabriquées).

Rh: Rayon hydraulique moyen (m) avec :

$$Rh = \frac{\text{Section mouillée}}{\text{Périmètre mouillé}}$$

9.5. Application au projet :

➤ **Données pluviométriques :**

La pluie journalière moyenne : **P_jmoy=61.8mm**

Le coefficient de variation : **Cv=0.38**

L'exposant climatique : **b=0.41**

➤ **Calcul de précipitation journalière :**

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

- ✓ **Pendant 10 ans** $U = 1,282$, $C_v = 0,38$ et $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$
 $P_j (10\%) = 92,508 \text{ mm}$.
- ✓ **Pendant 50 ans** $U = 2,057$, $C_v = 0,38$ et $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$
 $P_j (2\%) = 122,967 \text{ mm}$
- ✓ **Pendant 100 ans** $U = 2,327$, $C_v = 0,38$ et $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$
 $P_j (1\%) = 135,786 \text{ mm}$

9.5.1. Dimensionnement de la fosse:

➤ Calcul de l'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^B, \quad B = b - 1 = -0.59$$

Avec : I est l'intensité de l'averse pour une durée de 6min, $t=0,1\text{h}$ et $b=0,41$.
(Pendant 10 ans).

$$I = \frac{P_j}{24}$$

$$\text{Pour : } P_j (10\%) = 92,508 \text{ mm} \rightarrow I = \frac{92.508}{24} = 3,854 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 3,854 \times (0,1/24)^{-0,59} = 97.79 \text{ mm/h}$$

➤ Calcul du débit d'apport:

On a : $Q_a = k \times C \times I \times A$.

Avec :

K : coefficient qui permet la conversion des unités = 2.78.

C : Coefficient de ruissellement.

I : intensité de l'averse en mm/h.

A : aire de bassin versant en Km^2 .

EX : Pour notre projet on a la dimension suivante :

(Cas de déblais de PK0+450 au PK0+940, hauteur de talus = 6.00m)

• Les données sur la fosse :

- Longueur de fossé 500m pente 0.76%
- largeur de Berme 1.00m, pente 4%
- largeur de (Chaussée + BAU) 10.00 m, pente 2.50 %
- Talus 09.00m, pente 67%.
- SBV 300m de pente de 6%.

Surface D'apport	Surface (ha)	Coefficient de ruissellement 'C'	Intensité de l'averse mm/h	Debit Q_a m ³ /s	Debit total m ³ /s
Chaussée+BAU	0.50	0,90	97.79	0.1224	0.7082
Talus	0.45	0,30	97.79	0.0367	
berme	0.05	0,40	97.79	0.0054	
SBV extérieure	10	0.20	97.79	0.5437	

Les dimensions des fossés sont obtenues en appliquant la Formule de Manning Strickler:

$$Q_a \max = Q_0 = 0.7082 \text{ m}^3/\text{s}$$

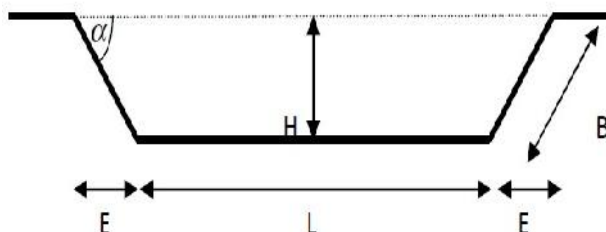
$$Q_0 = Q(\text{chaussée+BAU}) + Q(\text{talus}) + Q(\text{berme}) + Q(\text{SBV})$$

Calcul du périmètre mouillé $P_m = L + 2H\sqrt{1+n^2}$ avec $\tan \alpha = \frac{H}{E} = \frac{1}{n}$ et $B = \sqrt{(H^2 + E^2)}$

Calcul de la surface mouillée $S_m = LH + nH^2$

Calcul du rayon hydraulique $R = \frac{S_m}{P_m}$

On prend **L = 0,5m**



I: pente longitudinale de la fosse.

$$Q_a \max = Q_s = K_{st} R^{2/3} I^{1/2} S$$

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot H \cdot (L + n \cdot H) \cdot \left(\frac{H \cdot (L + n \cdot H)}{L + 2 \cdot H \cdot \sqrt{1 + n^2}} \right)^{2/3}$$

$$\Rightarrow H = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \sqrt{I}} \right)^{3/5} \frac{(L + 2\sqrt{2}h)^{2/5}}{(L + h)}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé : **H = 0.30m**, pour de raisons de sécurité, on prend les dimensions suivant : **L=0.5 m ; H=0.5 m** et Pente de la paroi de la fosse: **1/1**

9.5.2. Dimensionnement Des buses:

Les eaux de ruissellement sont acheminées à l'aide des descentes préfabriquées. Les canalisations se feront à l'aide de **BUSES** en directions du fossé principal. Le diamètre de la canalisation est fonction du débit maximum à évacuer, ce dernier est donné par la formule de MANING-STRIKLER

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

- **Q_s**: débit maximum
- **K_{st}**: coefficient de MANING -STRIKLER.
- **I**: pente de canalisation.
- **S**: section transversale de l'écoulement.
- **R_h**: rayon hydraulique ($R_h = S/P_m$).

$$S = \pi R^2$$

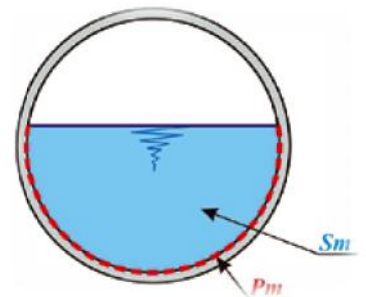
$$R_h = S / P_m = R/2$$

$$P_m = 2\pi R$$

EX : au PK 1+170

➤ Détermination de débits d'apports 'Q_a':

- $Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A$ avec:
- $A = 1.274 \text{ km}^2$
 - $P = 2\%$
 - $C = 0,2$ (Terrain naturel)



➤ Détermination de l'intensité de la pluie 'I_t':

$$I_t = I \cdot (t_c / 24)^B, \text{ avec } B = b-1 = -0.59$$

• Détermination de temps de concentration 't_c':

$$\text{On a: } A = 1,274 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \Rightarrow t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 1.0136 \text{ h}$$

• Détermination de 'I' :

$$I = \left(\frac{p_t}{t_c} \right), \text{ avec: } t = 24$$

Pendant 10 ans :

- $U = 1.282$
- $C_v = 0.38$
- $P_j = 61.8 \text{ mm}$

$$p_{f(10\%)} = \frac{61.8}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \times e^{1.282 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_{j(10\%)} = 92.507 \text{ mm} \quad I = 3.854 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 24.936 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 1.766 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Détermination de débits de saturation 'Q s' :**

$$Q_a = Q_s = 80 \cdot (R/2)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot (0.04)^{1/2}, \text{ avec : } I = 4\%$$

Donc : $R = 440 \text{ mm}$

Soit finalement : $\varnothing = 2 \cdot R$ donc : $\varnothing = 880 \text{ mm}$

On adoptera un diamètre normalisé commercial : $\varnothing 1000$.

9.5.3. Dimensionnement des dalots :

Au pk 1+980 :

➤ **Détermination de débits d'apports 'Qa':**

$$Q_a = K \cdot C \cdot I_t \cdot A \text{ avec: } - A = 2,356 \text{ km}^2$$

$$- p = 7 \%$$

$$- C = 0,2 \text{ (Terrain naturel)}$$

➤ **Détermination de l'intensité de la pluie 'I t':**

$$I_t = I \cdot (t_c / 24) B \text{ avec : } B = b-1 = -0,59$$

• **Détermination de temps de concentration 'tc':**

$$\text{On a: } A = 2,356 \text{ km}^2 < 5 \text{ km}^2 \Rightarrow t_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 0,736 \text{ h}$$

• **Détermination de 'I' :**

$$I = \frac{P_t}{t_c}, \text{ avec } t = 24.$$

Pendant 50 ans :

$$- U = 2,057$$

$$- C_v = 0,38$$

$$- P_j = 61,8 \text{ mm}$$

$$p_j(02\%) = \frac{61,8}{\sqrt{0,38^2 + 1}} \times e^{2,057 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}}$$

$$p_j(02\%) = 122,967 \text{ mm}$$

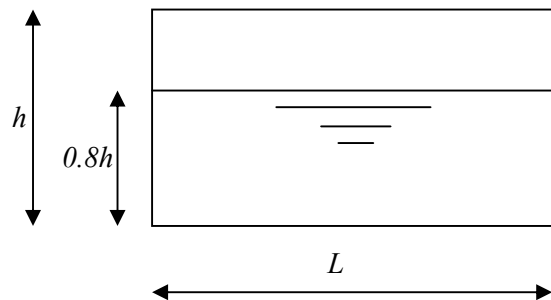
$$\Rightarrow I = 5,124$$

$\Rightarrow$

$$I_t = 40,035 \text{ mm/h}$$

$\Rightarrow$

$$Q_a = 5,24 \text{ m}^3/\text{s}$$



➤ **Détermination de débits de saturation 'Qs' :**

$$Q_s = K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{(1.6 \cdot h) + L} \right]^{2/3}, \text{ avec: } K_{st} = 70$$

$$L = 2\text{m}$$

$$i = 1\%$$

$$\Rightarrow Q_s = Q_a$$

Après calcul itératif on trouve $H = 1.43\text{m}$ on prend **$H = 1.50\text{m}$** donc les dimensions finale est de 2×1.5

Tableau des ouvrages d'assainissement

Section PK	Type d'ouvrage	Dimension (mm)
0+200 au 0+300	Pont	100m
0+500	Buse	Φ1000
0+680	Buse	Φ800
0+980	Dalot(1)	2x1.5
1+170	Buse	Φ1000
1+250	Buse	Φ800
1+320	Buse	Φ800
1+800	Buse	Φ1000
1+900	Buse	Φ800
1+990	Dalot(2)	2x2
2+150	Buse	Φ800
2+820 au 2+860	pont	40m
3+560 au 3+800	pont	240m
4+020	Dalot(3)	2x1.5
4+250	Dalot(4)	2x2
4+820	Buse	Φ800
5+800	Dalot(5)	2X1.5
6+460	Buse	Φ1000
6+740	Dalot(6)	2X1.5
7+100	Dalot(7)	2X1.5
7+340	Buse	Φ800
7+660	Buse	Φ800
8+380	Buse	Φ800
8+650	Buse	Φ800
9+470	Buse	Φ800
9+590	Buse	Φ800
10+130	Buse	Φ800

Signalisation

Introduction :

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale

10.1. L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

10.2. Règles à respecter pour la signalisation :

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

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

10.3. Type de signalisation :

a) Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

1. Signaux de danger :

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

2. Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

3. Signaux à simple indication :

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

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

4. Signaux de position des dangers :

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

b) Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

5. Marquage longitudinal :

Lignes continue : Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

Lignes discontinues : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

6. Modulation des lignes discontinues : elles sont basées sur une longueur nominale de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport Plein/Vide
T1	3	10	~ 1/3
T'1	1.5	5	
T2	3	3.5	~1
T'2	0.5	0.5	
T3	3	1.33	~3
T'3	20	6	

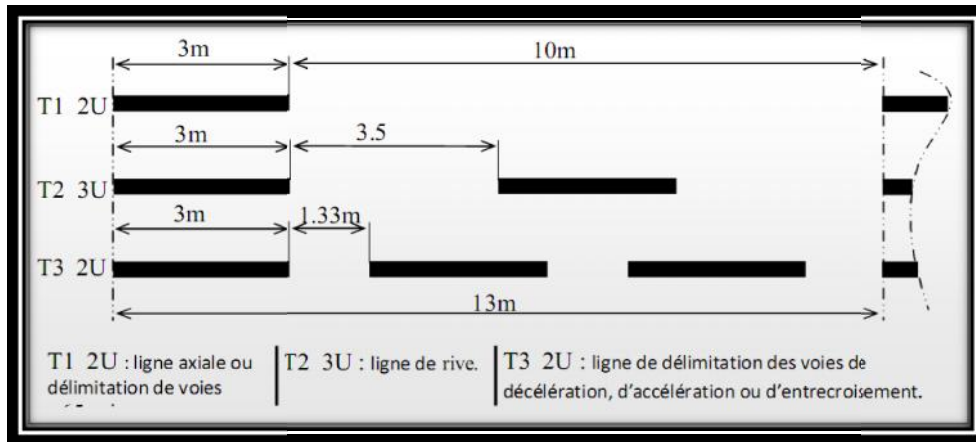


Figure: représente un marquage longitudinal des lignes discontinues

7. Marquage transversal :

- Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

8. Autre marquage :

- Flèche de rabattement : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- Flèches de sélection : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

9. Largeur des lignes :

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

U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U=6cm sur les routes et voies urbaines.

U=5cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm.

10.4. Application au projet :

Dans le cadre de notre étude tout en respectant les critères énoncés ainsi que la réglementation routière algérienne (signalisation routière de 15/07/1974), on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux et l'unité de largeur des lignes de marquage.

Les différents types de panneaux de signalisation dans cette étude sont :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

10. Signalisation verticale

Les signaux routiers qui sont utilisé pour l'évitement sont :



Limitation de vitesse



Les signaux de danger type A



I064



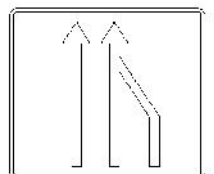
I097



T150



T151

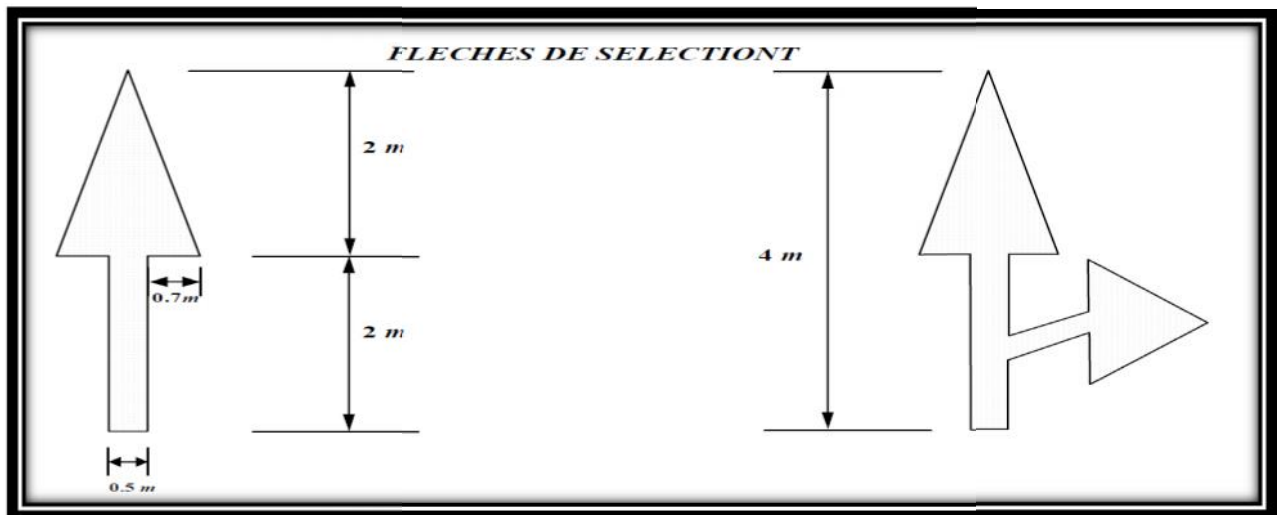
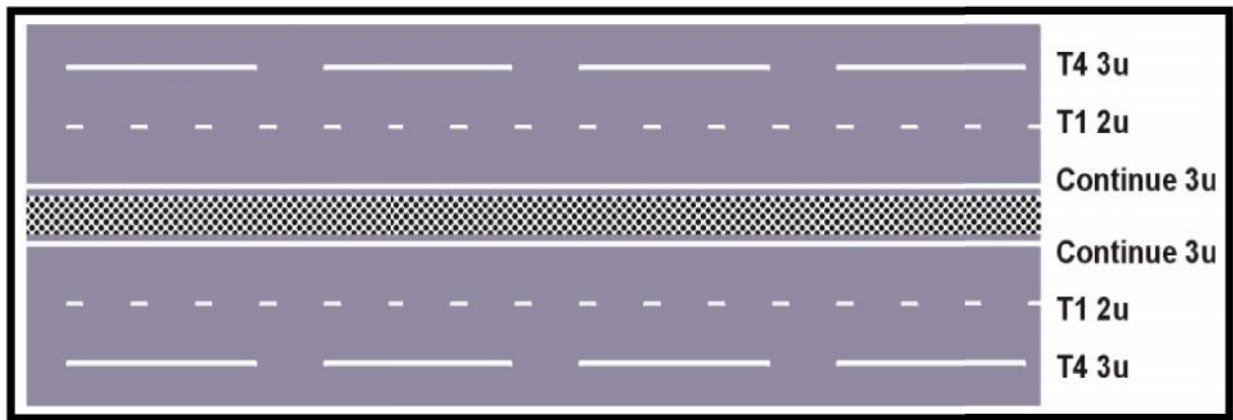


I244



11. Signalisation horizontale

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un $U = 6$ cm. et les lignes de délimitation des voies sont de type T_1 et de largeur $2U$.



❖ Signalisation de l'échangeur :



+ Eclairage :

Introduction :

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

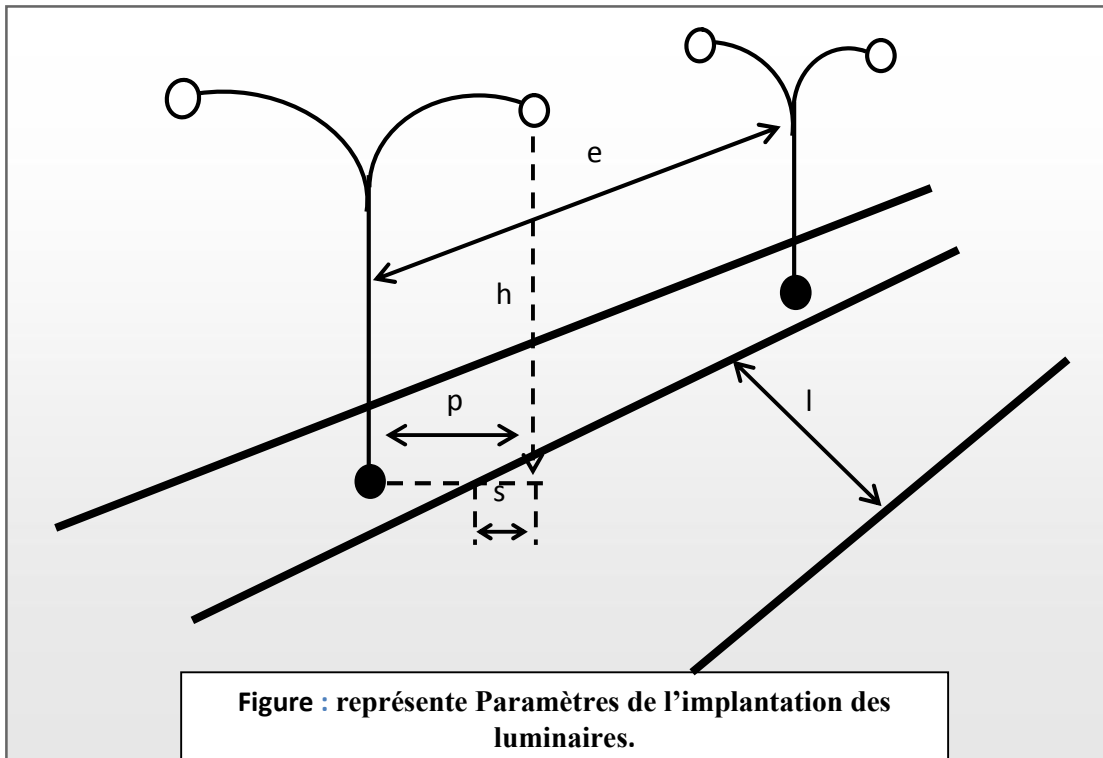
1. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

2. Paramètres de l'implantation des luminaires :

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



3. Application au projet :

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certains points particuliers, au niveau des échangeurs, afin d'avoir une bonne visibilité nocturne, seront traités par un éclairage composé de lampadaires disposés selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m et de l'ordre de 12 m d'hauteur de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de la route.

Introduction et cadre de l'étude :

Cette étude a pour objet d'évaluer les impacts sur l'environnement qui seront induits par l'évitement sur 10.5KM entre le CW146a et la RN24 dans la wilaya de BOUMERDES.

Elle traite de la situation actuelle, des changements qui seront induits par le projet et des solutions économiquement acceptables pour en atténuer les effets.

11.1. Caractéristiques géométriques et géotechniques de la route :

Les caractéristiques géométriques utilisées pour la conception de la route sont conformes à B40 et les caractéristiques géotechniques sont données par la nature de la zone. La route est divisée en deux tronçons importants.

Le 1^{er} tronçon de PK0+000 au PK2+840 zone agricole

Le 2^{ème} tronçon de PK2+840 au PK10+435 zone montagne.

11.2. Définitions générales :

➤ Environnement :

Le mot environnement est défini ainsi : Ensemble à un moment donné, des agents physiques, chimiques, sociologiques et des facteurs sociaux susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme sur les êtres vivants et les activités humaines.

➤ Altéragène :

Toute substance ou tout facteur provoquant une altération de l'environnement

➤ Nuisance :

Tout risque pour la santé et le bien-être de l'homme ou qui peut atteindre indirectement celui-ci par des répercussions sur son patrimoine culturel et économique.

De ces définitions, nous retiendrons :

- L'environnement, au sens où nous l'entendons ici en tant que milieu physique susceptible d'altération par l'activité humaine est restreint à la portion d'espace limitée par la zone d'influence des travaux d'aménagement.
- L'objectif d'une politique de protection de l'environnement, dans un cadre donné de développement économique de société, est l'organisation de la prévention des nuisances potentielles consécutives à ce développement ; ce qui implique l'identification des sources d'altération, la fixation des seuils quantifiés d'apparition des nuisances dommageables pour chaque type d'altéragène liées à l'opération d'aménagement et la détermination des correspondances entre dommages et coûts de prévention à différents niveaux d'acceptation des risques.

Identification des altérageènes :

Les principaux facteurs d'altération de l'environnement induits par cet aménagement et susceptibles d'engendrer des nuisances sont :

- La pollution de l'atmosphère ;
- La pollution des eaux souterraines et de surfaces et les modifications écologiques par le rejet des déchets ;
- L'occupation de l'espace, le morcellement des terres, la modification des paysages et l'altération des sols ;
- Les incidences socio-économiques sur la vie ;
- L'activité des populations touchées par l'aménagement.

L'élaboration d'éléments de décision pour la prévention des nuisances comprend une estimation prévisionnelles de l'altération de l'environnement par l'aménagement prévu, ainsi que la définition des solutions techniques efficaces et économiquement acceptables de prévention, de suppression ou d'atténuation des nuisances éventuelles conséquences de cette altération.

Cette estimation des nuisances ne peut être que qualitative, dès lors qu'elle est basée sur des comportements d'agents économiques ou encore sur l'analyse de phénomènes naturels complexes (Ecoulement et filtration des eaux).

11.3. Etat initiale de la zone d'étude :

➤ Réseau hydrographique :

La zone d'étude est traversée principalement par les réseaux d'écoulements suivants :

Ecoulement	PK
Oued boumerdes B	1+980
Oued boumerdes A	2+840

Tab: les réseaux d'écoulements hydraographique

➤ Nature des sols :

Les sols en présence sont caractérisés par une faible perméabilité sur la majorité du tr (Limons, argiles et marnes).

La couverture végétale des bassins versants est présente. Des bandes de part et d'autres du projet sont cultivés.

➤ **Constructions existantes :**

Le long du tracé, on a cherché à s'éloigner des constructions existantes. Cette exigence a été respectée sauf dans une partie on était obligé de démolir deux constructions au niveau du K8+140 et PK8+400.

➤ **Traversées des terrains agricoles :**

Le tracé passe dans sa majorité par des terrains agricoles de pk0+000 au pk5+740. La nature du sol et les fortes précipitations favorisent la prolifération d'une couverture végétale très dense.



11.4. Conséquences de la trace :

➤ **Morcellement et incidences sur l'exploitation des agricoles :**

Nous avons étudié ce tracé en minimisant l'effet du morcellement. Toute fois, cet effet est inévitable sur quelques parties du projet (tronçon1 et la fin de tronçon2).

➤ **Pollution de l'air**

L'air est particulièrement sain tout au long du tracé : c'est un air marin. L'insertion de la route dans un couloir où la circulation de l'air est préférentielle n'entraînera pas une altération sensible de sa qualité recherchée.

➤ **Nuisances sonores :**

Ces effets seront ressentis par les agglomérations qui se trouvent sur le long du tracé.

11.5. Conclusions :

Cette étude est considérée comme une réponse aux préoccupations de l'environnement sensible que traverse le projet.

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

Dans cette zone, jusqu'à lors épargnée et dans son cadre rural, doit prévoir des dispositifs d'intégration par rapport aux aspects :

- Le rétablissement des cheminements.
- Le rétablissement des réseaux.
- L'installation des dispositifs de drainage évitant la forte turbidité.
- La végétalisation des talus.
- Le traitement esthétique des ouvrages.

Devis estimatif et quantitatif

désignation	unité	P.U (DA)	quantité	montant
1) Acquisition de terrain	M2	1000	233884	233884000
Total(1)				233884000
2) L'installation de chantier et repliement	F	3% du total (3+4+5)		
Total(2)				47526745.5
3) préparation de terrain				
Débroussaillage d'arbre	m2	250	0	0
Déplacement des poteaux électriques	Unité	250000	6	1500000
Total(3)				1500000
4) Terrassement				
Décapage de terre végétale épaisseurs de 20 à 30cm	M3	200	85335	17067000
déblais mis en remblais	M3	300	0	0
déblais mis en dépôts	M3	250	2437045	609261250
remblais d'emprunt	M3	350	453454	158708900
Total(4)				785037150
5) chaussée				
Accotement et TPC en TUF	M3	1000	28529	28529000
Couche de fondation en GNT	M3	1500	49365	74047500
Couche de base en grave bitume GB	T	6500	91062	591903000
Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800 g/m2	T	7800	131.5	1025700
Couche d'accrochage dosée 200 à 300g/m2	T	5800	37.5	217500
Couche de roulement en béton bitumineux BB	T	5000	20393	101965000
Total(5)				797687700
6) Ouvrage d'art	M2	200000	4480	896000000
Total(6)				896000000
7) Ouvrage d'art courant et assainissement	F	10% du total (3+4+5)		
Total(7)				158422485
8) Impact sur l'environnement	F	1% du total (3+4+5)		
Total(8)				15842248.5
9) Déviation des réseaux	F	3% du total (3+4+5)		
Total(9)				0
10) Eclairage: signalisation et équipements routiers	F	5% du total (3+4+5)		
Total(10)				79211242.5
11) Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	F	2% du total (3+4+5)		
Total(11)				31684497
TOTAL (HT)			3046796069	
TVA 17% TOTAL (HT)			517955331.6	
TTC TOTAL(HT) + TVA			3564751400	

CONCLUSION GÉNÉRALE

*Dans notre projet d'étude de l'évitement de la ville de Boumerdes sur 10,45km en reliant la **CW146 au, RN24** nous avons opté pour un nouveau tracé, en essayant de suivre les pistes existantes, en traversant un relief accidenté. Nous avons introduit le long du tracé des courbes de raccordement en respectant les normes imposées par le B40 pour assurer la sécurité et le confort de l'utilisateur, d'autre part nous avons évité au maximum les contraintes existantes à savoir les réseaux divers, les arbres, les surfaces bâties... tout ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.*

Cette étude nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire, pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers, et elle nous a ouvert les portes au monde professionnel.

BIBLIOGRAPHIE

- + B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- + Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- + Signalisation routière.
- + ICTAAL2000 Guide Echangeur
- + Guide des Terrassements Routières (G.T.R).
- + A.R.P (Aménagement des routes principales).
- + Anciennes mémoires de Fin d'Etude(PFE) de l'E.N.S.T.P.
- + Cours de routes de 4ème année ENTP.
- + Cours de routes de 5ème année ENTP.
- + Manuel de projet de routes (kalli fatima –zouhra ;Goumettre Ahmed)
- + Le site d'internet www.google.com.



Schéma synoptique représentant la variante 02



Schéma synoptique représentant la variante 01

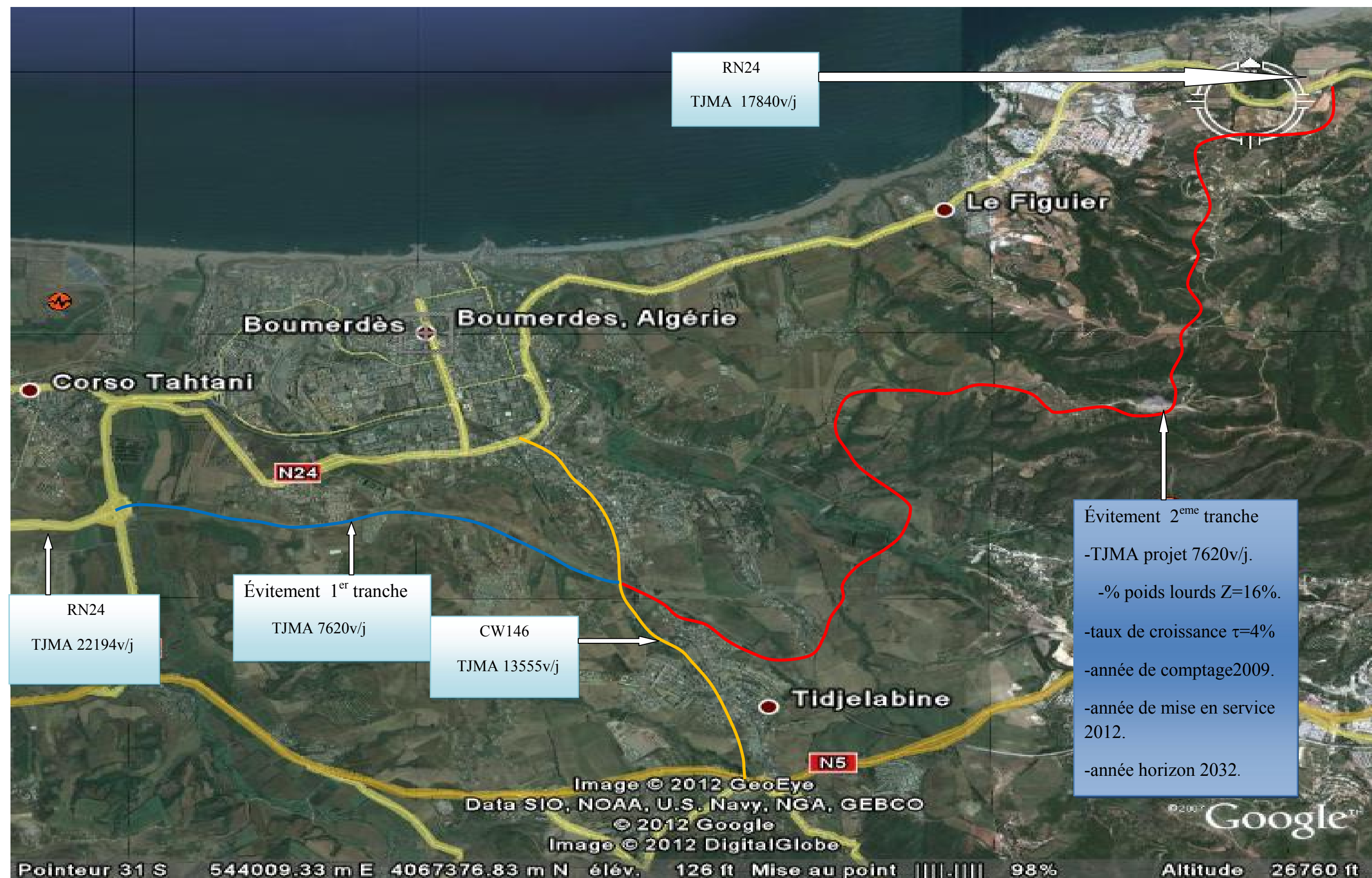


Schéma synoptique représentant le réseau routier de la zone étudiée



photo satellite pour situation de projet