République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de base

Thème

Etude d'un tronçon autoroutier de pénétrante sur 10 Km entre Batna et Chelghom EL Aide avec conceptiond'un échangeur sur la CW17

Présenté par :

BOUDJENAH Mahieddine
BOURAHLA Tayeb

Encadré par :

Mr. KARA Benchohra

Promotion 2022 / 2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

REMERCIMENTS

TOUT D'abord, je tiens à remercier DIEU clément et misécordieux de m'avoir donnée la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur Monsieur **KARA Benchohra** et Monsieur **BIOUCHI Toufik** ingénieur à l'ADA de Batna pour ses appréciation compétentes.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers tous les enseignants de l'école qui ont contribué à ma formation et à l'élaboration de ce présent travail.

Mes remercîments vont aussi à mes parents qui mon ont aidé et retenu pendant mes études

Enfin ,à tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à l'aboutissement de ce travaille

DEDICACES

On dit que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq ans d'étude m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers parents :

Mon père Abd EL ALI et ma mère Mounira

Pour tous leurs sacrifices afin de me permettre de poursuivre mes études dans la meilleure condition possibles et n'avoir jamais cessé de m'encourager tout au long de mes années d'étude.

A mes chers frères : **Younes, Taha** et à ma seule sœur : **Takwa**

A tout ma famille et sincèrement ma deuxième mère : **Samiha**

A mes meilleurs amis : Ayoub **lboubi, Mdjoda, Krimo, Siyafe, Tarek, Naji, Amine et mon frére qui a été perdu Ayoub.**

A mes chers amis : Tayeb, Djamel, youcouf harbouzi, Oussama, De9, Fetah, Abd Elah maystro, sifoo charika et hadii abizo Hichem albatrose KHALI LOKMAN et à tous mes frères de la cité universitaire garidi sans exception chacun par son nom.

A la fin je profite l'occasion pour dédier ce travail à tous ceux que j'aime et je respect

BOUDJENAH Mahieddine

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ceux qui ont su planter en moi tout ce qui est de plus beau en ce monde, et qui se sont consacrées à m'inculquer la bonne éducation pour avoir la plus grande des satisfactions et me voir munie des plus grandes distinctions.

A mes très chers parents qu'il a su se faire sentir dans les moments difficiles ainsi que chaque instant de bonheur qu'il m'a procuré

A mon frère HAKIM

A mes sœurs aussi

A tout ma famille

A tout mes amies

Soda9a

BOUBRAHLA Tayeb

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة قسم من الطريق السريع الذي يربط ولاية باتنة بالطريق السريع شرق غرب على 10 Km
و ذلك من PK 22+160 الى PK 32+160بتصميم مبادل في PK 22+260

بدات هذا المشروع أولا بحساب حركة المرور من اجل تحديد عدد الممرات .بعد ان انتهيت من تحديد الممرات انتقلت الى الدراسة الهندسية التي تشكل لعمل تخطيط الطريق المقطع الطولي و المقطع العرضي مع مثال على الحساب اليدوي ثم وجهت نفسي لتحديد ابعاد البنية التحتية للطريق و دراسة الصرف الصحي مع احترام الأنظمة المختلفة المتبعة في الجزائر
و في النهاية حساب تكلفة المشروع

تمت معالجة المشروع باستخدام برنامج COVADIS,ALIZE

الكلمات المفتاحية: مستجمعات المياه السرعة الأساسية الحفر الردم

RESUME :

Le but de ce travail est d'étudier une section de l'autoroute reliant la wilaya de Batna à l'autoroute Est-Ouest sur une distance de 10 km, de PK 22+160 à PK 32+160, avec la conception d'un échangeur à PK 22+260.

Ce projet a commencé par le calcul du trafic afin de déterminer le nombre de voies. Une fois les voies déterminées, j'ai procédé à l'étude d'ingénierie, qui consiste à réaliser la planification de la section longitudinale et transversale de la route, avec un exemple de calcul manuel. Ensuite, j'ai entrepris de définir les dimensions de l'infrastructure routière et d'étudier le système d'assainissement tout en respectant les différentes normes en vigueur en Algérie.

Enfin, j'ai effectué une estimation des coûts du projet. Le projet a été traité à l'aide des logiciels COVADIS et ALIZE.

Mots clés : collecteurs d'eau, vitesse de base, excavation, remblai

ABSTRACT :

The aim of this work is to study a section of the highway that connects the Batna province to the East-West highway over a distance of 10 km, from PK 22+160 to PK 32+160, with the design of an interchange at PK 22+260.

This project began by calculating traffic flow in order to determine the number of lanes. Once the lanes were determined, I proceeded with the engineering study, which involved planning the longitudinal and cross-sectional layout of the road, along with a manual calculation example. Then, I focused on determining the dimensions of the road's infrastructure and studying the drainage system while adhering to the various regulations followed in Algeria.

Finally, I calculated the project's cost estimation. The project was handled using the COVADIS and ALIZE software.

. **Keywords:** water collectors, basic speed, excavation, embankment

II. PRESENTATION DE PROJET

Figure II-II 1:situation géographique 9
Figure II 2:site de projet 10
Figure II 3:début et fin de notre tronçon.....10
Figure II 4:la carte géologique de la zone d'étude 11
Figure II 5:carte de zone sismique de l'Algérie 12

III. L'ETUDE DE TRAFIC

LES TABLEAUX :

Tableau III 1:coefficient d'équivalence du poids lourds (B40) 14
Tableau III 2:valeurs de coefficient K1 15
Tableau III 3:valeurs de coefficient K2 15
Tableau III 4:valeurs de la capacité théorique 15
Tableau III 5:tableau récapitulatif.....18

IV. ETUDE GEOMETRIQUE

LES FIGURES :

Figure IV 1:les éléments de tracé en plans 21
Figure IV 2:les éléments de la clothoïde 23
Figure IV 3:la projection de l'axe sur le site de « google earth » 25
Figure IV 4:les alignements.....29
Figure IV 5:visibilité en angle saillant 30
Figure IV 6:visibilité en angle rentrent.....30
Figure IV 7:éléments constitués du profil en travers.....31

LES TABLEAUX :

Tableau IV 1:valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plans (ICTAAL,2000 catégories L1) 22
Tableau IV 2:valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2000 catégorie L1) 22
Tableau IV 3:les cordonnés des points caractéristiques.....25
Tableau IV 4:valeurs limites des paramètres du profil en long 28

V. LES CUBATURES

Figure VI 1:Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné 35

VI. L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

LES FIGURES :

Figure V 1:abaque de l'essai LIMITES D'ATERBERG 41

Figure V 2:classement de matériau selon l'état hydrique,Figure V 3:classification selon la nature.....44

LES TABLEAUX :

Tableau V 1:Les différents essais au laboratoire 38

Tableau V 2:les résultats obtenus pour sondage carotté 40

Tableau V 3:classification de sol par la valeur de bleu.....42

VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

LES FIGURES :

Figure VII 1:sur classement de forme en matériau non traité 54

Figure VII 2:vérification de l'alizé-LCPC 57

LES TABLEAUX :

Tableau VII 1:coefficient d'équivalence 49

Tableau VII 2:coix de la température équivalente (fascicule 02) 52

Tableau VII 3:classe de trafic de poids lourd 52

Tableau VII 4:valeur du coefficient d'agressivité "A" (fascicule 02) 53

Tableau VII 5:Présentation des classes de portance des sols (fascicule N° 1) 54

Tableau VII 6:Classes de portance à long terme du sol support.....54

Tableau VII 7:les structures proposées.....55

Tableau VII 8:Performance mécanique des matériaux bitumineux.....57

Tableau VII 9:valeurs des déformations.....58

Tableau VII 10 : structure retenue par les deux méthode (CBR et catalogue de chaussée neuve) 58

VIII. ETUDE HYDROLIQUE ET ASSINISSEMENT

LES FIGURES :

Figure VII 1 : indice de compacité 62

Figure VII 2 : dimensions des dalots.....68

Figure VII 3 : dimensionnement de fossés 71
Figure VII 4 : dimensionnement de faussée pour notre projet 74

LES TABLEAUX :

Tableau VII 2 : coefficient de montana 63
Tableau VII 3 : LES VALEURS DE L'INTENSITE 64
Tableau VII 4 : LES VALEURES DE DEBITS D'APPORT 67
Tableau VII 5 : les dimensions des dalots 70
Tableau VII 6 : Les caractéristiques des SBV concernées 72
Tableau VII 7 : coefficients de ruissellement 72
Tableau VII 8 : Le débit équivalant des bassin versants 73
Tableau VII 9 : Le dimensionnements de faussée 74

IX. CONCEPTION D'ECHANGEUR

LES FIGURES :

Figure IX 1 : différents types des bretelles 76
Figure IX 2 : les différents types de l'échangeur 77
Figure IX 3 : le site de l'échangeur 78
Figure IX 4 :la zone d'accélération 79
Figure IX 5 :la zone de décélération 80
Figure IX 6 : Demi-trèfle à quadrants opposés 82

LES TABLEAUX :

Tableau IX 1 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 80
Tableau IX 2 : Les largeurs des composantes du profil en travers 81
Tableau IX 3 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 81

X. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Tableau X 1 : Valeurs limites des émissions sonores à respecter 85

XI. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Figure XI 1 : flèche de rabattement et flèche de sélection 90
Figure XI 2 : type de modulation 91
Figure XI 3 : limitation de vitesse 91
Figure XI 5 : entre de l'autoroute, Figure XI 4 : cédez le passage 92

Figure XI 6 : éclairage composé.....93
Figure XI 7 : éclairage simple 93

II. PRESENTATION DE PROJET

Figure II-II 1:situation géographique 9
Figure II 2:site de projet 10
Figure II 3:début et fin de notre tronçon.....10
Figure II 4:la carte géologique de la zone d'étude 11
Figure II 5:carte de zone sismique de l'Algérie 12

III. L'ETUDE DE TRAFIC

LES TABLEAUX :

Tableau III 1:coefficient d'équivalence du poids lourds (B40) 14
Tableau III 2:valeurs de coefficient K1 15
Tableau III 3:valeurs de coefficient K2 15
Tableau III 4:valeurs de la capacité théorique 15
Tableau III 5:tableau récapitulatif.....18

IV. ETUDE GEOMETRIQUE

LES FIGURES :

Figure IV 1:les éléments de tracé en plans 21
Figure IV 2:les éléments de la clothoïde 23
Figure IV 3:la projection de l'axe sur le site de « google earth » 25
Figure IV 4:les alignements.....29
Figure IV 5:visibilité en angle saillant 30
Figure IV 6:visibilité en angle rentrent.....30
Figure IV 7:éléments constitués du profil en travers.....31

LES TABLEAUX :

Tableau IV 1:valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plans (ICTAAL,2000 catégories L1) 22
Tableau IV 2:valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2000 catégorie L1) 22
Tableau IV 3:les cordonnés des points caractéristiques.....25
Tableau IV 4:valeurs limites des paramètres du profil en long 28

V. LES CUBATURES

Figure VI 1:Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné 35

VI. L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

LES FIGURES :

Figure V 1:abaque de l'essai LIMITES D'ATERBERG 41

Figure V 2:classement de matériau selon l'état hydrique,Figure V 3:classification selon la nature.....44

LES TABLEAUX :

Tableau V 1:Les différents essais au laboratoire 38

Tableau V 2:les résultats obtenus pour sondage carotté 40

Tableau V 3:classification de sol par la valeur de bleu.....42

VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

LES FIGURES :

Figure VII 1:sur classement de forme en matériau non traité 54

Figure VII 2:vérification de l'alizé-LCPC 57

LES TABLEAUX :

Tableau VII 1:coefficient d'équivalence 49

Tableau VII 2:coix de la température équivalente (fascicule 02) 52

Tableau VII 3:classe de trafic de poids lourd 52

Tableau VII 4:valeur du coefficient d'agressivité "A" (fascicule 02) 53

Tableau VII 5:Présentation des classes de portance des sols (fascicule N° 1) 54

Tableau VII 6:Classes de portance à long terme du sol support.....54

Tableau VII 7:les structures proposées.....55

Tableau VII 8:Performance mécanique des matériaux bitumineux.....57

Tableau VII 9:valeurs des déformations.....58

Tableau VII 10 : structure retenue par les deux méthode (CBR et catalogue de chaussée neuve) 58

VIII. ETUDE HYDROLIQUE ET ASSINISSEMENT

LES FIGURES :

Figure VII 1 : indice de compacité 62

Figure VII 2 : dimensions des dalots.....68

Figure VII 3 : dimensionnement de fossés 71
Figure VII 4 : dimensionnement de faussée pour notre projet 74

LES TABLEAUX :

Tableau VII 2 : coefficient de montana 63
Tableau VII 3 : LES VALEURS DE L'INTENSITE 64
Tableau VII 4 : LES VALEURES DE DEBITS D'APPORT 67
Tableau VII 5 : les dimensions des dalots 70
Tableau VII 6 : Les caractéristiques des SBV concernées 72
Tableau VII 7 : coefficients de ruissellement 72
Tableau VII 8 : Le débit équivalant des bassin versants 73
Tableau VII 9 : Le dimensionnements de faussée 74

IX. CONCEPTION D'ECHANGEUR

LES FIGURES :

Figure IX 1 : différents types des bretelles 76
Figure IX 2 : les différents types de l'échangeur 77
Figure IX 3 : le site de l'échangeur 78
Figure IX 4 :la zone d'accélération 79
Figure IX 5 :la zone de décélération 80
Figure IX 6 : Demi-trèfle à quadrants opposés 82

LES TABLEAUX :

Tableau IX 1 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 80
Tableau IX 2 : Les largeurs des composantes du profil en travers 81
Tableau IX 3 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 81

X. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Tableau X 1 : Valeurs limites des émissions sonores à respecter 85

XI. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

Figure XI 1 : flèche de rabattement et flèche de sélection 90
Figure XI 2 : type de modulation 91
Figure XI 3 : limitation de vitesse 91
Figure XI 5 : entre de l'autoroute, Figure XI 4 : cédez le passage 92

Figure XI 6 : éclairage composé.....93
Figure XI 7 : éclairage simple 93

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

A la fin de notre formation d'ingénieur d'état **l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES TRAVAUX PUBLICS FRANCIS JEANSON**, prévoit dans son programme du deuxième semestre de la dernière année un stage de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois (PFE).

Améliorer le réseau routier qui est le système nerveux d'un pays est une exigence particulièrement ressente dans les pays de développement.

L'Algérie dispose du réseau routier le plus important d'Afrique. Néanmoins, il demeure insuffisant compte tenu des impératifs de développement et de progrès du pays.

A raison de développement durable l'Algérie à disposer un réseau routier avec lancement des beaucoup projets routiers.

Le présent sujet a été proposé par l'ADA (Algérienne des autoroutes) intitulé :

« Etude en APD de tronçon routier sur 10 km section du PK 22+260 au PK 32+100 et l'aménagement d'un échangeur au PK 22+450 ».

Ce mémoire se développe et s'articule autour des chapitres suivants :

- ✓ **CHAPITRE I :** recherche bibliographique
- ✓ **CHAPITRE II :** Aperçu générale sur la région du projet ainsi qu'une présentation de notre projet.
- ✓ **CHAPITRE III :** Analyse et étude du trafic routier dans la zone d'influence du tronçon étudié.
- ✓ **CHAPITRE IV :** Etude géométrique en passant par toutes ces phases (tracé en plans, profil en long et profil en travérs)
- ✓ **CHAPITRE V :** les cubatures
- ✓ **CHAPITRE VI :** Etude géotechnique qui s'intéresse aux caractéristiques physiques et mécaniques du sol support.
- ✓ **CHAPITRE VII :** dimensionnement de corps de chassées
- ✓ **CHAPITRE VIII :** l'étude hydraulique et assainissement
- ✓ **CHAPITRE IX :** Faire une conception de l'échangeur
- ✓ **CHAPITRE X :** Impact sur l'environnement et ces mesures.
- ✓ **CHAPITRE XI :** Aperçu sur les conditions de la signalisation et l'éclairage
- ✓ **CHAPITRE XII :** Calcul du devis quantitatif estimatif

I. Recherche bibliographique

I.1 INTRODUCTION

La croissance exponentielle du trafic routier ces dernières années a provoqué beaucoup de dégradation sur les routes, de telle sorte que les chassées routière ne supportent plus les charges appliquées actuellement a cause des encombrements de poids lourd ainsi que le surplus du Traffic qui laisse apparaitre des fissurations visibles sur la route.

I.2 LES ENROBES BITUMINEUX

I.2.1 Définition des enrobes bitumineux :

Les enrobés bitumineux sont des matériaux viscoélastiques thermo susceptibles ayant des propriétés adhésives et cohésives, principalement utilisés dans la construction et l'entretien des chaussées. Ces matériaux sont composés principalement d'un liant hydrocarboné issu du raffinage du pétrole (généralement un bitume pur ou modifié) et de 19 fractions minérales de différentes tailles (filler, sable, gravillons).

Les enrobés bitumineux sont principalement composés de granulats (comme du sable, du gravier ou des cailloux) et de bitume, qui est un liant hydrocarboné. Le bitume joue le rôle principal de lier les granulats entre eux et de former une surface solide et durable.

Les matériaux de chaussées fabriqués avec un liant bitumineux sont des enrobés bitumineux composés de granulats et de bitume. Ils offrent des avantages tels que la résistance aux charges, l'imperméabilité et la facilité de réparation. Différents types d'enrobés bitumineux sont disponibles en fonction des besoins et des conditions.

I.2.2 Type des enrobés bitumineux :

Il existe plusieurs types d'enrobés bitumineux utilisés dans la construction routière en fonction de leurs caractéristiques et de leurs applications spécifiques. Le choix du type d'enrobé dépendra des conditions d'utilisation.

On a beaucoup types d'enrobé on distingue deux types d'enrobés :

- Les enrobés à chaud
- Les enrobés à froid

I.2.3 Les enrobés à chaud :

Les enrobés à chaud sont l'un des types d'enrobés bitumineux les plus couramment utilisés dans la construction routière. Ils sont fabriqués en chauffant (sont fabriqués à chaud aux alentours de 180°c application de température environ 150) pour former la couche de revêtement des infrastructures routières.

Les types des enrobés à chaud les plus utilisés :

- **Béton bitumineux :**

Les enrobés riche en bitume, utilisé principalement pour les couches de roulement c'est-à-dire pour les couches supérieures de la chaussée. Les bétons bitumineux se classent en fonction de leur granulométrie. Ils sont toujours posés sur une couche de base en matériaux

hydrocarbonés ou traités au liant hydraulique ou sur une couche de liaison en enrobés pour les couches minces.

Pour les types de béton bitumineux :

- Béton bitumineux ultra mince (BBUM)
- Béton bitumineux très mince (BBTM)
- Béton bitumineux mince (BBM)
- Béton bitumineux semi grenu (BBSG)

- **Grave bitume :**

Les enrobés à plus faible teneur en liant de 3 à 4.5%, destiné aux couches de fondations ou de base entre 8 et 14 cm (couche d'assise)

I.2.4 Les enrobés à froid :

Les enrobés à froid sont des types d'enrobés bitumineux qui diffèrent des enrobés à chaud car ils sont mélangés et appliqués à température ambiante, sans nécessiter de chauffage préalable. Ils sont souvent utilisés pour des travaux de réparation, de maintenance ou de revêtement temporaires.

- **Enrobé froid :**

Enrobé de faible granulométrie (0/4 ou 0/6 en principe) avec une forte teneur en liant et en fines, généralement utilisé de manière temporaire pour permettre la circulation de véhicules sur des voies en cours de travaux, ou encore pour reboucher des petites tranchées, trous, et nids-de-poule sur des chaussées déformées.

L'enrobé à froid est souvent utilisé pour des interventions d'urgence, des réparations temporaires ou des petites surfaces où une mise en œuvre rapide est nécessaire. Il est utilisé même au printemps en période de dégel, pour réparer les détériorations de la chaussée dus au gel.

- **Grave émulsion :**

Mélange de grave avec une faible proportion d'émulsion de bitume, il existe aussi des enrobés bitumineux à froid qui sont destinés à la réalisation de couches de roulement. Ce sont des enrobés hydrocarbonés à froid (non stockables) ou tous les granulats sont recouverts de liant.



Figure I-1:préparation d'un enrobé à froid

I.3 LES POLYMERES :

Les polymères sont des macromolécules obtenues par la combinaison d'un grand nombre de molécules plus petites. Les polymères ont une masse molaire très important.

Le monomère est le nom donné à la petite molécule à partir de laquelle est formée la macromolécule. La réaction est une polymérisation.

On a divisé en deux catégorie l'ensemble des polymères :

- Les polymères d'addition, obtenus par l'enchaînement d'un grand nombre de molécules monomères ; si ces molécules sont identiques on obtient un homopolymère, par contre si les monomères sont différents (en général deux) on obtient un copolymère
- Les polymères de condensation, obtenus par la condensation d'un grand nombre de molécules, cette réaction s'effectuant avec l'élimination d'une petite molécule, en général l'eau.

Pour les polymères il existe une très grande variété.

I.3.1 Procède de fabrication des polymères :

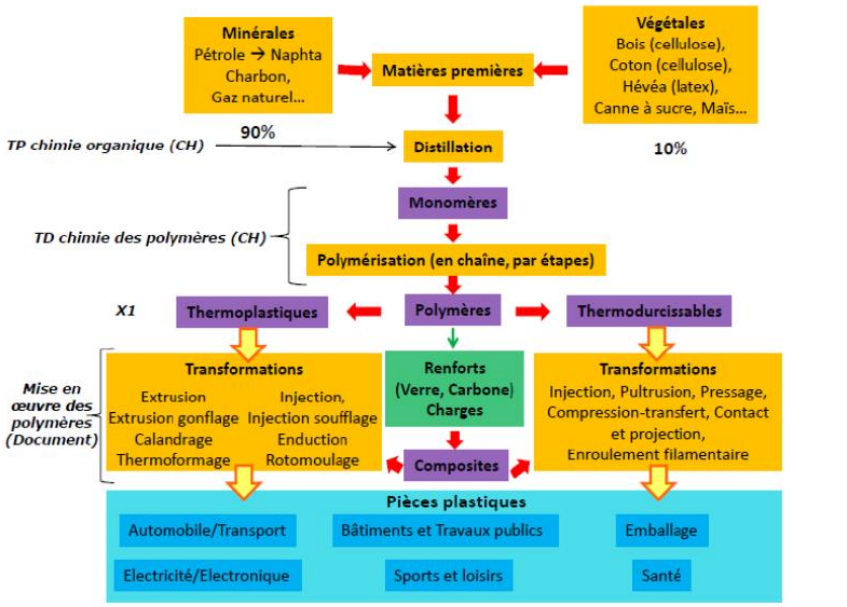


Figure I-2:procède de fabrication de polymère

I.3.2 Les polymères dans les bitumes :

Les polymères constituent une des principales révolutions techniques du XXème siècle. Ceux-ci sont utilisés pour un nombre extraordinaire d'applications à tous les échelons de la vie.

Bien que des progrès significatifs aient été accomplis au fil des années pour que les performances de l'asphalte soient devenues bien contrôlées et relativement prévisibles, il reste toujours place à de l'amélioration.

Les chercheurs se sont penchés sur les polymères les trois dernières décennies et ça donné des résultats remarquables dont les avantage en général sont :

- Meilleure résistance à la déformation permanente (création d'ornières).
- Résistance à la traction et module élastique considérablement améliorés.
- Sensibilité à la température améliorée.
- Excellente résistance à la fatigue.
- Très bonne résistance à la propagation de fissures (fissuration réflective).
- Excellente adhérence des granulats (bonne résistance à l'arrachement).
- Prolonge la durée de vie utile de la chaussée et améliore le coût de cycle de vie.
- Aucune condition de manipulation et de stockage spéciaux.
- Ne nécessite aucun équipement spécial durant la production d'enrobé chaud, le transport ou le revêtement

I.4 LE LUCOBIT

Le Lucobit est une société allemande qui s'est spécialisé dans le domaine du développement et de la production des matières polyoléfine flexible de de presque deux décennie, elle englobe les Membrane d'étanchéité, Polymères souples et les polymères de bitume et d'asphalte, elle produit des douzaines de polymère diffèrent les uns des autres concernant les

chausses et pour notre recherche on va étudier l'impact du Lucobit 1210A sur notre enrobé bitumineux.

I.4.1 Lucobit 1210A :

Lucobit 1210A est une matière synthétique thermoplastique granulée, composée d'un mélange de copolymères polyéthylènes de qualité supérieure et de bitumes spéciaux (ECB). Le bitume pur est incorporé de manière homogène dans une matrice polymère. Lucobit 1210A peut être mélangé à des surfaces asphaltiers courantes comme le béton bitumineux, le béton bitumineux à forte teneur en mortier ou l'asphalte coulé, en le pré-mélangeant avec du bitume (PmB) ou en l'ajoutant simplement au mélange au cours de la production d'asphalte (PmA).

Lucobit 1210A est considéré comme un produit moderne, pouvant être employé dans différents asphaltes spéciaux pour la stabilisation de diverses structures, renforçant ainsi la notion de qualité durable. Conformément aux exigences du dimensionnement informatisé futur des revêtements routiers, Lucobit 1210A sera également utilisé pour la réduction de l'épaisseur de la couche de base de couleur noire.

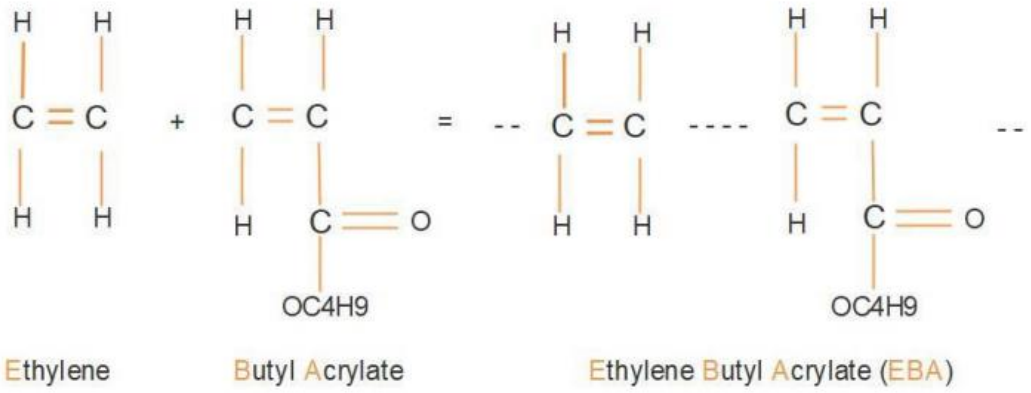


Figure I-3:structure chimique de polymère

I.4.2 L'utilisation du Lucobit :

Lucobit 1210A a une stabilité thermique très élevée. À des températures jusqu'à 300 o C, il ne montre Aucun signe de destruction de la matrice polymère, offrant ainsi un soutien suffisant pour des périodes de production et de transport étendues, même après des heures d'exposition à haute température. Lorsque Lucobit 1210A est ajouté directement au mélange d'asphalte pour la production de PmA, la Quantité de granulés Lucobit 1210A est choisie en fonction du pourcentage désiré (3,0 à 7,5 % par masse selon le pourcentage du liant tout en réduisant simultanément le bitume quant au pourcentage par poids du polymère ajouté). L'ajout peut être effectué avant ou après la répartition du liant. Il est nécessaire de prolonger la durée du mélange de 10 à 15 secondes en fonction de la composition et de la taille du lot (la température du mélange).

Pour produire le PmB (C), un mélange homogène de bitume ordinaire et de Lucobit 1210A est composé à des températures comprises entre 175 et 195°C. Même avec un agitateur à vis à faible vitesse de rotation, un mélange très poussé de Lucobit 1210A selon les normes PmB est

détectable sous un microscope électronique. Le bitume incorporé à la matrice polymère garantit un mélange facile et rapide du polymère dans le bitume ou l'asphalte. Pour les montages avec de l'asphalte modifié au Lucobit 1210A, aucune autre exigence ne doit être satisfaite.

I.4.3 Processus d'ajout du Lucobit sur le bitume :

Le bitume est mélangé de manière homogène avec Lucobit 1210A à des températures comprises entre 165 ° C et 195 ° C et est alors prêt à l'emploi. En fonction de l'intensité du mélange, le temps nécessaire pour mélanger de grandes quantités (environ 20 t) est de 12 heures.

L'utilisation d'un mélangeur à cisaillement à grande vitesse conduit à réduire le temps de mélange requis. La proportion du bitume déjà contenu dans Lucobit1210A très facilite l'incorporation dans le bitume.

Après ajouté le Lucobit on constate qu'il y'a une amélioration de l'orniérage qui nous donne une très bonne valeur.

II. Présentation de projet

II. Présentation de projet

II.1 Introduction

II.1.1 Situation de projet

Le projet de l'autoroute de Batna traverse les wilayas : Batna, Oum el Bouaghi et Mila. Le projet se situé sur le littorale EST du pays.

II.1.2 Situation géographique

Le projet relie la wilaya de Batna à l'autoroute EST-OUEST sur la commune de CHELGHOM EL AIDE la wilaya de MILA et traverse la wilaya d'Oum el bouaghi sur la commune de BIR ECHOHADA



Cartes de localisation et des limites de la wilaya de Batna

Figure II-II-1:situation géographique

Le projet de la liaison autoroutière reliant l'autoroute EST-OUEST traverse les wilayas de Batna , Oum el bouaghi et Mila. Le linéaire total est de 90 Km.

Le projet objet de notre mémoire de fin d'études fait partie de lot N°2 de la liaison autoroutière, et se situe du PK 22+260 au PK 32 au sud de la wilaya d'Oum el bouaghi avec un échangeur au PK 22+337 qui reliant la future autoroute de Batna à l'intersection de CW17.

II.2 Présentations de projet

II.2.1 Généralité

Le projet de la liaison autoroutière reliant l'autoroute EST-OUEST traverse les wilayas de Batna , Oum el bouaghi et Mila. Le linéaire total est de 90 Km.

Dans le cadre économique de pays la direction ALGERIENS DES AUTOROUTES a été menée cette liaison autoroutière.

II. Présentation de projet

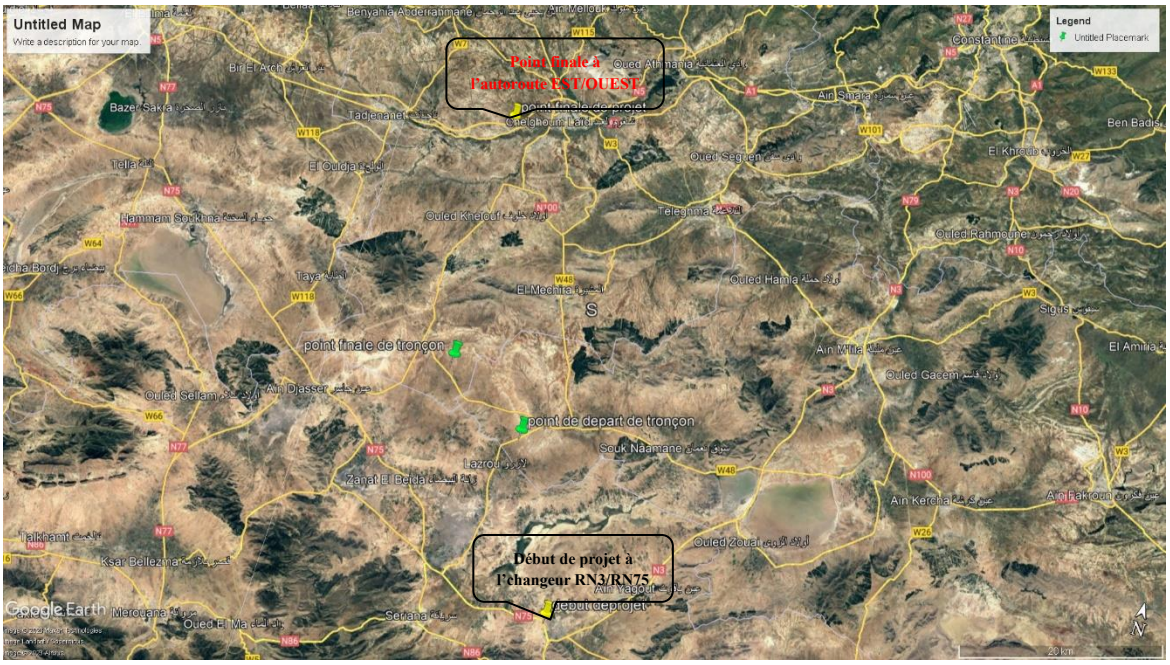


Figure II-2:site de projet

II.2.2 Cadre de l'étude

Notre projet consiste à faire une étude avant-projet détaille (APD) de la liaison autoroutière de la section du PK 22+260 au PK 32 dans la zone de la wilaya d'Oum el bouaghi sur la commune de BIR ECHOHADA

Sur ce tronçon on a un échangeur qui relies CW17 a l'autoroute de Batna.

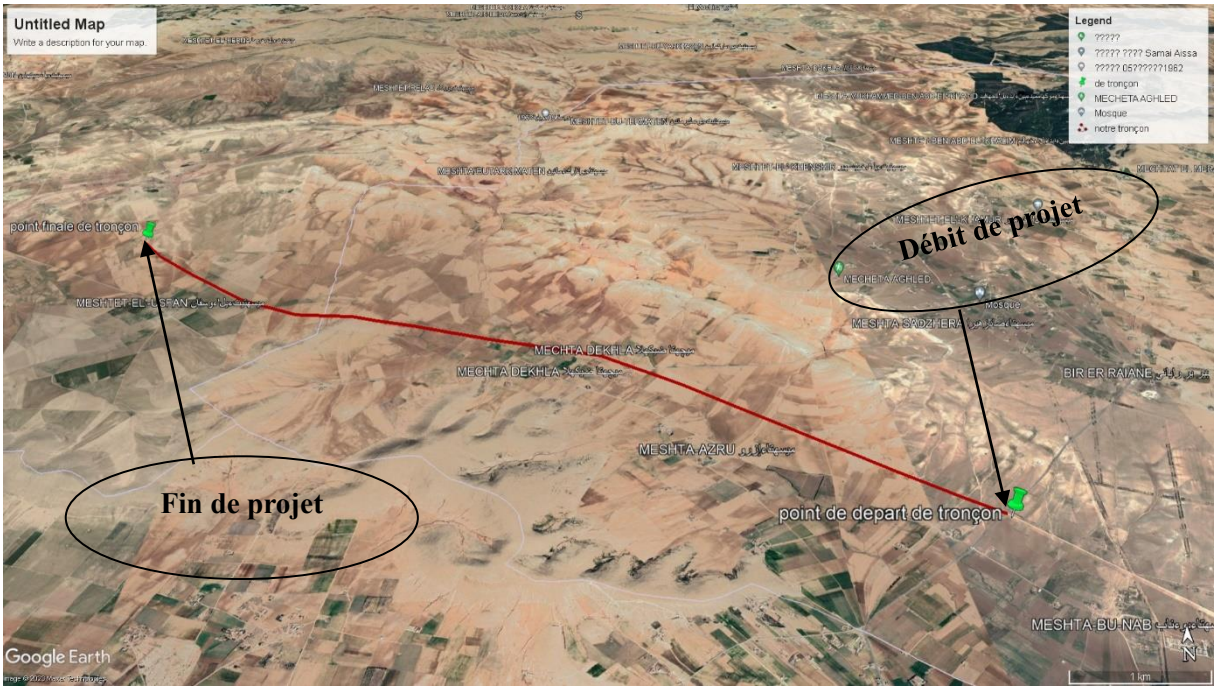


Figure II-3:début et fin de notre tronçon

II. Présentation de projet

II.3 Recueil des données

II.3.1 Géologique

Les formations géologiques affleurent dans la zone d'étude pouvant être divisées en plusieurs catégories.

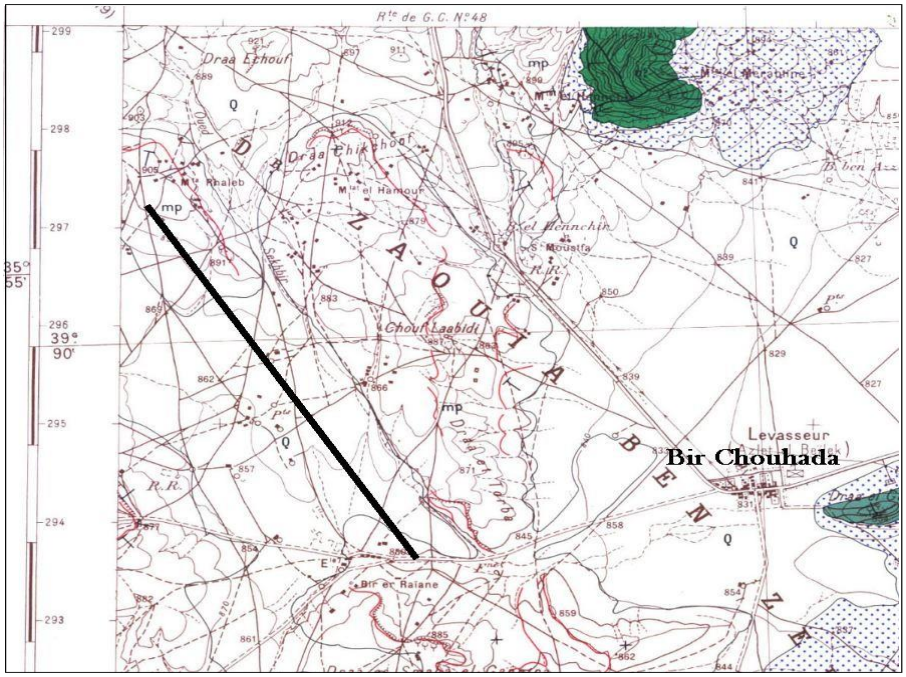


Figure II-4:la carte géologique de la zone d'étude

II.3.2 Géotechnique

Un rapport a été transmis, il y a lieu de voir le chapitre portant l'étude géotechnique pour plus de détails

II.3.3 Données climatiques

Le climat qui règne sur la région est de type semi-aride, il est marqué par deux saisons distinctes

- ❖ Une saison froide et humide s'étalant du mois de Novembre jusqu'au mois de Mars avec souvent des chutes de neige et de brusques gelées.

Au niveau de cette région les précipitations annuelles ne dépassent pas les 400mm, ce qui explique l'aridité du climat. Le maximum des précipitations moyennes mensuelles observé est de 41.36mm durant le mois de Mai et le minimum des précipitations moyennes mensuelles est de 4.9mm au mois de Juillet.

II.3.4 Données du trafic

- Le trafic à l'année 2015 TJMA2015= 10797v/j.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i = 3.5 %.
- La vitesse de base sur le tracé Vb=130km/h.
- Le pourcentage de poids lourds Z=20%.
- L'année de mise en service sera en 2025.

- Le trafic à l'année de mise en service TJMA2025= 15230 v/j
- La durée de vie estimée de 20 ans.

II.3.5 Sismicité régionale

Le tronçon étudié est sur deux wilayas :

- ❖ Oum El Bouaghi qui est classée dans la zone sismique I de faible sismicité.
- ❖ Mila qui est classée dans la zone sismique II. A connue pour sa moyenne sismicité.

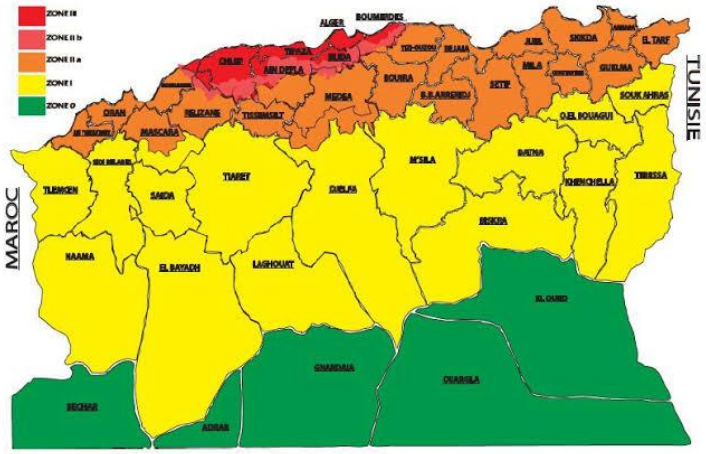


Fig.3.1. carte de zonage sismique de l'Algérie

Figure II-5:carte de zone sismique de l'Algérie

II.4 Objectif de projet :

L'objectif est de réaliser une pénétrante qui relie l'autoroute EST-OEST à l'échangeur de RN3/RN75 sur 90 Km entre BATNA et MILA, soit une section de 10 Km situé au sud de la wilaya d'OUM EL BOUAGHI, c'est en particulier la section concernée par notre projet

Cette nouvelle pénétrante sera doutée de toutes les infrastructures d'assainissement et dispositifs et a pour objectif globale :

Favoriser le développement économique et social qui a besoin de l'autoroute EST-OEST

III. L’ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par insuffisance. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions, d'en quantifier précisément les composantes. C'est le champ des études de circulation.

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale, au travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés.

Les études de trafic constituent un élément fondamental qui intervient en amont de toute réflexion relative à l'aménagement des infrastructures de transport, qui convient et au-delà les caractéristiques à lui donnée depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des déférents couche des matériaux qui constituent la chaussée.

Ces données nous permettront de définir les caractéristiques techniques de notre chaussée (nombre de voies et dimensionnement du corps de chaussée).

III.2 L'analyse des trafics existants :

III.2.1 Déférents types de trafic :

On distingue trois types de trafics :

Le trafic normal : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

Le trafic dévie : C'est le trafic attire vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les diffèrent moyen d'atteindre la même destination.

Le trafic induit : C'est le trafic qui résulte de : des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectue, et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancienne route ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

III.3 Calcul de capacité :

III.3.1 Définition de la capacité :

La capacité et le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui est propres durant une période bien déterminé, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.3.2 Projection future de trafic :

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

$$T_{JMAh} = T_{JMA0} (1 + \tau)^{n}$$

Avec :

- T_{JMAh} **:** le trafic à l'année horizon.
- T_{JMA0} **:** le trafic à l'année de référence.
- τ **:** taux d'accroissement du trafic (%).

III.3.3 Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + P.\ z].\ T_{JMAh}$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- **Z** : pourcentage de poids lourd.
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd.

Tableau III-1:coefficient d'équivalence du poids lourds (B40)

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

III.3.4 Débit de pointe horaire normal :

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

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

Avec :

- **Q** : débit de pointe horaire
- **1/n** : Coefficient de pointe en général 0.12
- T_{eff} : trafic effectif

Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K_1 . K_2 . C_{th}$$

Avec :

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

Tableau III-2:valeurs de coefficient K1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.90à0.95

Tableau III-3:valeurs de coefficient K2

	Catégorie de la route				
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

Tableau III-4:valeurs de la capacité théorique

	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

III.3.5 Calcul le nombre de voies :

III.3.5.1 Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q_{adm} \geq Q$$

III.3.5.2 Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

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

III.4 APPLICATION AU PROJET :

III.4.1 Les données de trafic :

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par le groupement **ANAS I.E** et **LNHC**:

- Le trafic à l'année 2015 TJMA2015= 10797v/j.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté i = 3.5 %.
- La vitesse de base sur le tracé Vb=130km/h.
- Le pourcentage de poids lourds Z=20%.
- L'année de mise en service sera en 2025.
- Le trafic à l'année de mise en service TJMA2025= 15230 v/j
- La durée de vie estimée de 20 ans.
- P=3 (Environnement ; route à bonne caractéristiques).
- 1/n = 0,12 (cas général).
- K1=0.75 (environnement E1) ; K2=1 (environnement E1, catégorie C1).

III.4.2 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2025) :

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

$$T_{JMAh} = T_{JMA0}\,(1+\tau)^{n}$$

On obtient :

TJMA2025 = 10797× (1 + 0,035)^{10} = **15230 v/j.**

TJMA$_{2025}$ =15230 v/j.

TJMA2045 = 15230× (1 + 0,035)^{20} **= 30304v/j.**

Finalement on obtient :

TJMA$_{2025}$ =15230 v/j

TJMA$_{2045}$ =30304v/j

III.4.3 Calcul du trafic effectif :

T_{eff} = [(1-z) +P. z]. T_{JMAh}

Teff$_{2015}$= [(1 - 0.2) + 3×0.2] ×10797= **15116uvp/j.**

Teff$_{2025}$= [(1 - 0.2) + 3×0.2] ×15230= **21322uvp/j.**

Teff$_{2045}$= [(1 - 0.2) + 3×0.2] ×30304= **42426uvp/j.**

Teff$_{2025}$=21322uvp/j

Teff$_{2045}$=42426uvp/j

III.4.4 Débit de pointe horaire normale :

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

Q$_{2015}$ = 0.12×15116= **1814uvp/h**

Q$_{2025}$ = 0.12×21322= **2559uvp/h**

Q$_{2045}$ = 0.12×42426= **5091uvp/h**

Q$_{2045}$ =5091uvp/h

III.4.5 Calcul de capacité théorique :

Q≤Q$_{adm}$=K$_1$×K$_2$×C$_{th}$

C$_{th}$ ≥ Q/ (K$_1$×K$_2$)

C$_{th}$ ≥ 5091/0.75

C$_{th}$ ≥ 6788

C$_{th}$=6790 uvp/h

III.4.6 Calcul de débit admissible :

$Q_{adm}= K_1. K_2. C_{th}$

C_{th}=1800 uvp/h d'après le B40 pour une chaussée séparée.

$Q_{adm}=0.75\times1\times1800 = 1350$ uvp/h

Q_{adm}=1350 uvp/h

III.4.7 Le nombre des voies :

$N=S.Q/Q_{adm}$ Avec : S=2/3

$N = (2/3) \times (5091/1350) = 2.51$

N= 3 voie /sens

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que ce profil en travers de la route est une Chaussée à 3 voies par sens (2×3voix).

III.5 Calcul de l'année de saturation :

Le calcul de l'année de saturation se fait pour un sens donc on multiplie par 2 car le calcul de débit de pointe horaire s'est fait par une seule voie

$$\mathbf{Q_{saturation} = Q_{2021} \times (1+\tau)^n}$$

$$\mathbf{Q_{adm}= K_1. K_2. C_{th}}$$

$$\mathbf{Q_{saturation} = 6\times Q_{adm}}$$

Q_{adm}=1350 uvp/h

$Q_{saturation} = Q_{2025} \times (1+\tau)^n = 2559\times (1.035)^n$

$$2559\times (1.035)^n = 6\times1350$$

$$n=\frac{Ln(2.11)}{Ln(1.035)} = 33.44$$

n= 34ans

D'où l'année de saturation égale à : 2025+34=2060

Tableau III-5:tableau récapitulatif

TJMA2015	TJMA2025	TJMA2045	Teff2045	Q2045	N nombre de voies
10797	15230	30304	42426	5091	3

III.6 Conclusion

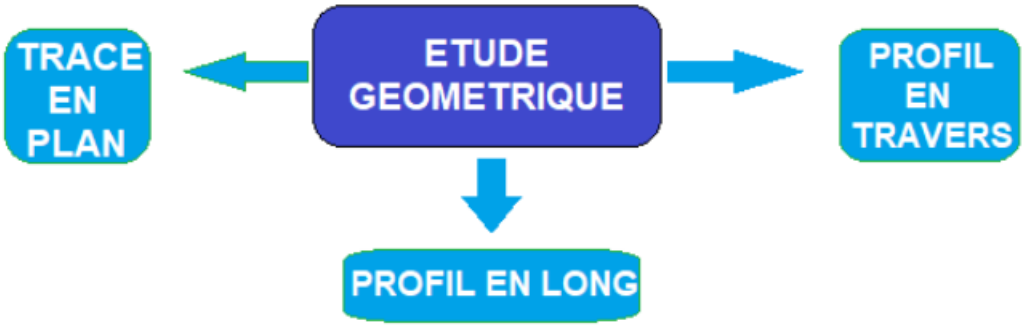
L'analyse de trafic effectué dans ce chapitre montre que l'autoroute est de chassée de 2*3 vois avec 34 ans de saturation.

IV. ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre vise à présenter les critères géométriques appliqués lors de la conception du tracé de l'aménagement des routes. L'objectif de l'étude géométrique est de concevoir une route capable d'offrir un niveau de service plus élevé en termes de sécurité, de temps, de parcours et de confort pour les usagers.

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



IV.2 Tracé en plan

IV.2.1 Introduction :

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

Le tracé en plan est une projection horizontale de l'axe de l'autoroute sur le plan topographique tout en définissant les différents éléments constituants. Il s'agit en effet, l'alignement, et les éléments courbures ainsi que les liaisons de raccordement.

Le but de ce chapitre est d'élaborer le tracé de notre section en se basant sur les règles de conception qui sont tirées de l'ICTAAL, (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison), rapporté par SETRA en 12 décembre 2000.

IV.2.2 Les règles à respecter pour le tracé en plan :

En premier lieu, il y a lieu de définir les règles de conception, dont elles peuvent être résumées ci- dessous :

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

IV.2.3 Eléments constituant le tracé en plan :

Le tracé de l'axe des routes est composé de lignes droites raccordées par des cercles. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement entre les lignes droites et les cercles qui est le clothoïde Les éléments géométriques du tracé en plan sont :

- Droites = alignements.
- Arcs de cercle.
- Courbes de raccordement de courbure progressive « clothoïde ».



Figure IV-1:les éléments de tracé en plans

IV.2.3.1 Les alignements droits :

En principe la droite soit l'élément le simple et le plus utiliser mais avec des conditions sure la langueur de ce dernier pour éviter quelque problème comme la monotonie de route qui peut engendrer les accidents et la mauvaise adaptation de la route au paysages, éblouissement prolongé des phares Dans Nuit…

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Le tableau suivant représente les valeurs extrêmes des alignements droites dans le tracé en plan :

Tableau IV-1:valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plans (ICTAAL,2000 catégories L1)

		Route principal
Vitesse de base	VB (km/h)	130
La longueur minimal	Lmin(m)	180
La longueur maximal	Lmax(m)	2200

IV.2.4 Valeurs des rayons :

Les rayons en plan pour les autoroutes de la catégorie L1, doivent respecter les valeurs Minimales résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV-2:valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2000 catégorie L1)

Vitesse de base	VB (km/h)	130
Rayon minimal	Rm (m)	600
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	1 000
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1 500

- ✓ Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.
- ✓ L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à 1,5 Rnd est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité

IV.2.5 Raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : $14\,|\Delta\delta|$ et R/9 ; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

IV.2.5.1 Rôle et Nécessité Des Courbes De Raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

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

IV.2.5.2 Types de courbe de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- **Parabole cubique :** Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).
- **Lemniscate :** Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.
- **Clothoïde :** C'est une spirale dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

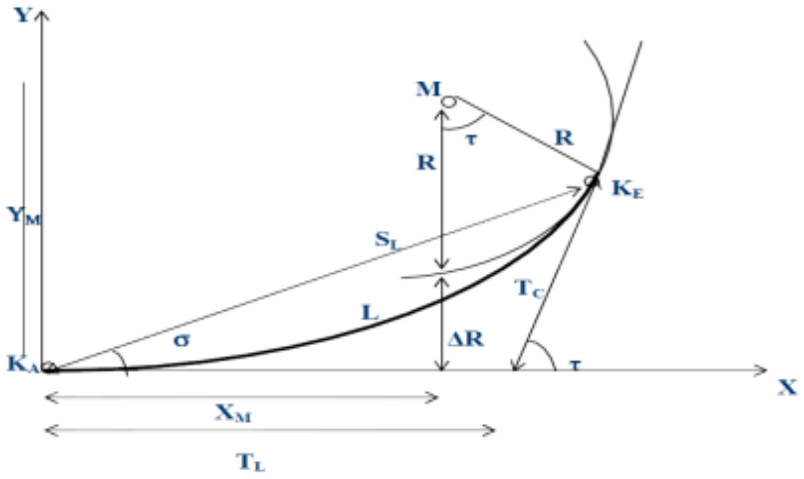


Figure IV-2:les éléments de la clothoïde

R : rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

A : paramètre de la clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue o

σ : angle polaire.

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse Xm.

Xm : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

Ym : ordonnée du centre du cercle M a partir de KA.

X : abscisse de KE

Y : ordonnée de KE

IV.2.6 ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

Les courbes circulaires de rayon modéré (<1,5 Rnd) ne peuvent être utilisées qu'en respectant

Les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : R1 ≤ 1,5 R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5Rnd) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduits par des raccordements progressifs.

IV.2.6.1 Vitesse de projet

La vitesse de projet Vp est la vitesse la plus élevées pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales :

- Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace ;
- Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible ;
- Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

IV.2.7 APPLICATION AU PROJET :

- Longueur de l'axe est **10573.52m**
- **86.77%** d'alignement avec une longueur de **9175.39m**
- **13.22%** de raccordement avec longueur **1398m**

Les résultats pour nos tracés sont représentés dans le tableau suivant : **(Voir l'annexe)**

IV.2.7.1 Description de l'axe :

Pour une description précise on doit décomposer notre tracé en plan en plusieurs sections. Le linéaire de projet mesure 10.57352 km.



Figure IV-3:la projection de l'axe sur le site de « google earth »

Exemple :

Calcul manuelle d'axe de tracé en plan

Tableau IV-3:les cordonnés des points caractéristiques

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	VB (km/h)
S1(x, y)	13784.48	4846.79		
S2(x, y)	13537.13	5056.74	1600	130
S3(x, y)	13252.5	5212.48		

Pour notre projet on a :

R=1600 m > 1500 ⟹ d= -2.5% donc le calcul se fait pour un rayon sans

Clothoïdes.

Calcul des gisements :

|Δx12|=|xp2-xp1|=**247.35m**

|Δy12|=|yp2-yp1|=**209.95m**

G_{p1}^{p2}=400-arctan$\left(\frac{\Delta x12}{\Delta y12}\right)$=**344.80gr**

G_{p2}^{p1}=200-arctan$\left(\frac{\Delta x12}{\Delta y12}\right)$=**144.80 gr**

|Δx23|=|Xp3-Xp2|=**284.62m**

|Δy23|=|yp3-yp2|=**155.74m**

G_{p2}^{p3}=400-arctan$\left(\frac{\Delta x23}{\Delta y23}\right)$=**331.87gr**

G_{p3}^{p2} =200-arctan$\left(\frac{\Delta x23}{\Delta y23}\right)$=**131.87gr**

|Δx13|=|Xp3-Xp1|=**531.98m**

|Δy13|=|yp3-yp1|=**365.69m**

G_{p1}^{p3} =400-arctan$\left(\frac{\Delta x13}{\Delta y13}\right)$=**338.33gr**

G_{p3}^{p1} =200-arctan$\left(\frac{\Delta x13}{\Delta y13}\right)$=**138.33gr**

Calcul de l'angle γ :

ϒ=G_{p1}^{p2}- G_{p3}^{p2}=344.80-131.87=**212.92gr**

Calcul de tangente T :

T=(R)tan($\frac{\Upsilon}{2}$) T=1600tan ($\frac{212.92}{2}$)=**15713.51m**

Calcul des distances :

D1=$\sqrt{\Delta x12^2 + \Delta y12^2}$=$\sqrt{247.35^2 + 209.95^2}$=***324.43m***

D2=$\sqrt{\Delta x23^2 + \Delta y23^2}$=$\sqrt{284.62^2 + 155.74^2}$=***324.44m***

IV.3 PROFIL EN LONG

IV.3.1 INTRODUCTION :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

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.

IV.3.2 RÈGLE Á RESPECTER DANS LE TRACÉ DE PROFIL EN LONG :

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.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- 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.

IV.3.3 VALEURS LIMITES :

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant : **(La norme ICTAAL)**

Tableau IV-4:valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité minimal	0.2%
Déclivité maximal	5 %
Rayon minimal en angle saillant	12 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	4 200 m

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

IV.3.4 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'usager :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire.
- La prévision anticipée des évolutions du tracé.
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un alignement droit en plan ou un à une courbe de très grand rayon.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, en essayant de respecter la proportion R vertical > 6R horizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible.
- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage.
- Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

IV.3.5 Les éléments géométriques du profil en long :

IV.3.5.1 Les alignements

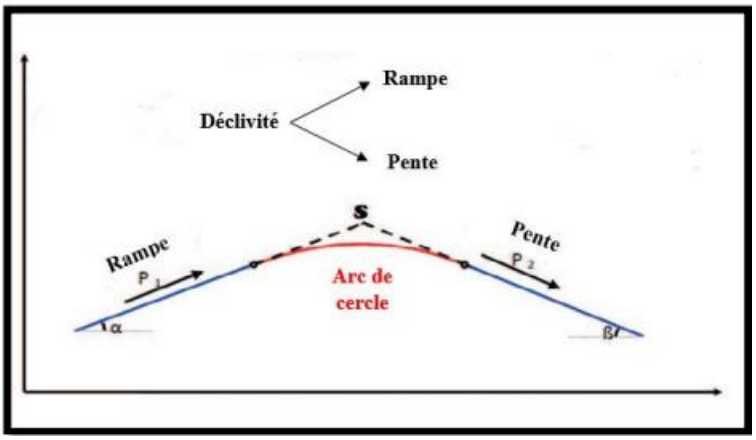


Figure IV-4:les alignements

IV.3.6 DECLIVITES :

IV.3.6.1 Déclivité minimale :

La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas pour l'écoulement des eaux de pluies, il faut éviter les paliers (tronçons de route absolument horizontaux) pour que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Déclivité minimum : **Imin = 0.2%. (ICTAAL)**

IV.3.6.2 Déclivité maximale :

La déclivité maximum dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

Déclivité maximum : **Imax = 5%. (ICTAAL)**

IV.3.7 Raccordement en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être raccordé par une courbe de grand rayon qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité

IV.3.7.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimaux admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Rayon minimal en angle saillant : **12500m. (ICTAAL)**



Figure IV-5:visibilité en angle saillant

IV.3.7.2 Raccordement concave (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Rayon minimal en angle rentrant :**4200m. (ICTAAL)**

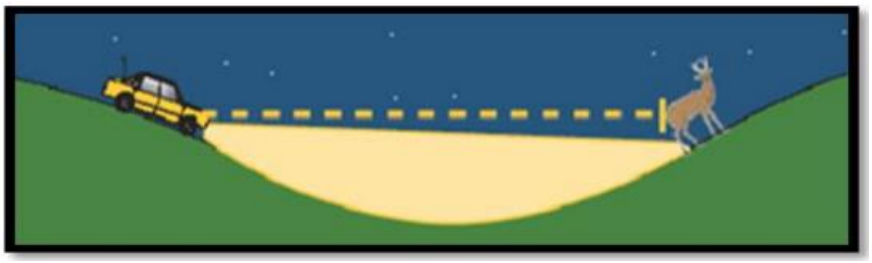


Figure IV-6:visibilité en angle rentrent

IV.4 PROFIL EN TRAVERS

IV.4.1 INTRODUCTION :

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la route, il s'agit maintenant de définir le 3ème élément d'un projet routier : le profil en travers.

Le profil en travers est la coupe de l'autoroute suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur ; le dévers des chaussées et les zones non roulables de l'autoroute (terre-plein central, bandes dérasées)

Il existe deux types de profil :

- **Profil en travers courant** : Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).
- **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).

IV.4.2 LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS COURANTE :

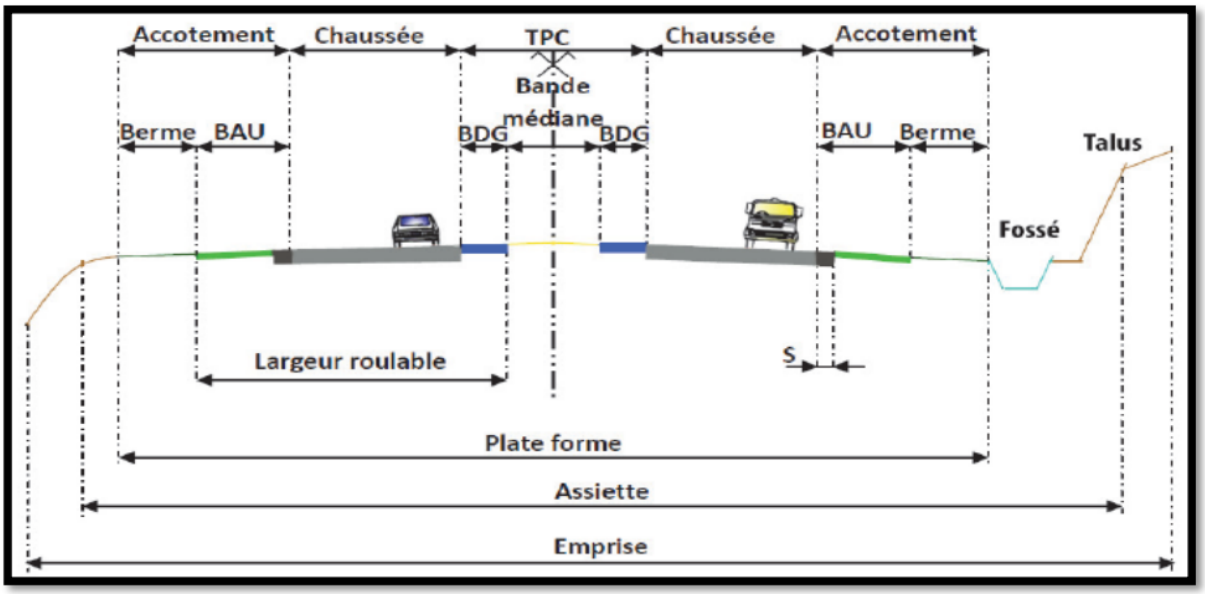


Figure IV-7:éléments constitués du profil en travers

T.P.C : Terre-Plein Central ;

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence ;

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.

IV.4.3 PROFILS EN TRAVERS AU DROIT DES OUVRAGES D'ART COURANTS :

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante. Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers.

Par ailleurs, l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 4,75 m au minimum en tout point de la largeur rouable de l'autoroute. En outre, une revanche – habituellement de 0,10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0,50 m. (Source ICTAAL).

IV.4.4 Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

En alignement et en courbe non déversée :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
- La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.
- Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd etn7 % pour Rm.

La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussé en adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

IV.4.5 . Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif :

- **Point de rotation des dévers :** Le point de rotation des dévers se situe sur l'axe de la plate-forme.
- **Evacuation des eaux de ruissellement :** Lorsqu'il est nécessaire d'introduire un changement de dévers, la longueur de la chaussée sur laquelle règnent les dévers compris entre -1% et +1% est déterminée de manière à ne compromettre ni l'écoulement des eaux de ruissellement, ni l'aspect du tracé. Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5% en tout point de la chaussée. En courbe déversée, le T.P.C. est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

IV.5 Application au projet

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur total(m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
Bande dérasée gauche (B.D.G)	1.5	2	3
Accotement	4	2	8
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5
La berme	1.5	2	3
Totale	**32**		
Dévers en section droite			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5 % vers l'extérieur		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur		
Dévers en courbe			
Chaussée	2,5%		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5 % vers l'extérieur		

v. LES CUBATURES

V.1 LES CUBATURES

V.1.1 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.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

V.1.2 METHODE DE CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures sont des 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.

On peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès.)
- Méthode de l'air moyenne : (méthode par défaut.)
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

V.1.2.1 Description de la méthode :

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V=\frac{Hm}{6}\times(S1+S2+4Sm)$$

- Hm : hauteur moyenne entre deux profils.
- Sm : surface limitée à mi- distances des profils.
- S1 : surface de profil en travers P1.
- S2 : surface de profil en travers P2.

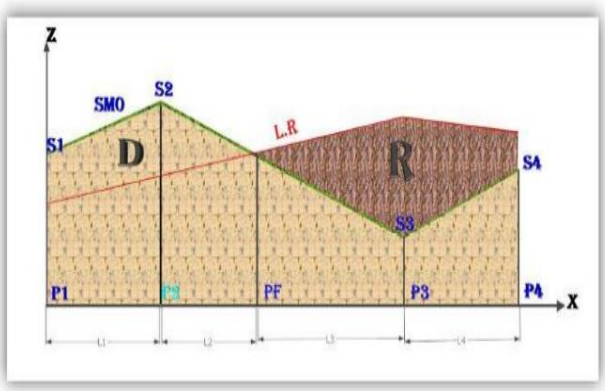


Figure V-1:Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

V.1.3 Exemple d'application :

Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très Voisine les deux expressions :

$$S_{MOY} \text{ et } \frac{S1+S2}{2}$$

Le volume compris entre deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si, Si+1 est égal à :

Vi =$\boldsymbol{Li/\ 2}$ × (Si+Si+1)

Donc les volumes seront :

- Entre P1et P2 : V1 = L$\boldsymbol{1/\ 2}$ × (S1+S2)
- Entre P2et PF : V2 = Li$\boldsymbol{/\ 2}$ × (S2+Sf)
- Entre PF et P3 : V3 = L$\boldsymbol{3/2}$ × (SF+S3)
- Entre P3et P4 : V4 = L$\boldsymbol{4/2}$ × (S3+S4)

Le volume total V **:**

$$\mathbf{V}=V1+V2+V3+V4$$

$$\mathbf{V}=\left(\frac{L1}{2}\right)\times S1+\left(\frac{L1+L2}{2}\right)\times S2+\left(\frac{L3+L4}{2}\right)\times S3+\left(\frac{L4}{2}\right)\times S4$$

Pour notre projet le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel « COVADIS » qui nous donne :

- Volume de déblai :**419112.5 m ^{3}**
- Volume de remblai :**348646.4 m^3**

VI. L'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

VI.1 INTRODUCTION:

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

Les études géotechniques sont nécessaires pour mesurer dès l'avant-projet sommaire et détaillé, L'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en termes de coût.

VI.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

Les objectifs d'une étude géotechnique se résument en :

- **Au mode des études :**

- Optimisation du mouvement des terres.
- Choix des matériaux.
- La stabilité des pentes de talus de déblai et de remblai.
- L'extraction et la réutilisation des matériaux de déblais.

- **Au mode de l'exécution :**

- Choix des moyens et des matériels adaptés à la nature de terraine.
- Choix d'une bonne méthode d'exécution.
- L'extraction et la réutilisation des matériaux de déblais.

VI.3 Reconnaissance du site :

VI.3.1 Situation :

La section comprise entre le PK22+260 au PK32 de la liaison autoroutière Batna /autoroute Est-Ouest tronçon02, est situé au Sud de la wilaya de Mila. Elle début à environ 7km au Nord-Ouest de la commune de Bir Chouhadas et se poursuit au Nord-Est de Machtet Hassi Bergoug.

Le tronçon est sur des terres agricoles. Il est d'orientation générale Sud-Est /Nord-Ouest. Il recoupe plusieurs cours d'eau temporaire et pistes.

VI.3.2 Climat :

Le climat qui règne sur la région est de type semi-aride, il est marqué par deux saisons distinctes

- Une saison froide et humide s'étalant du mois de Novembre jusqu'au mois de Mars avec souvent des chutes de neige et de brusques gelées.
- Au niveau de cette région les précipitations annuelles ne dépassent pas les 400mm, ce qui explique l'aridité du climat. Le maximum des précipitations moyennes mensuelles

observé est de 41.36mm durant le mois de Mai et le minimum des précipitations moyennes mensuelles est de 4.9mm au mois de Juillet.

VI.3.3 Géologie du site :

VI.3.3.1 Morphologie :

Le site est constitué de deux plaines, une au Nord, une au Sud, séparées au centre par un massif montagneux où l'on trouve deux forêts d'une surface totale de 5600 Hectares au niveau du Djebel Tafrent (1290 m) et Djebel Chebka (1072 m).

VI.3.4 La sismicité de la région :

Le tronçon étudié est sur deux wilayas :

- ✓ Oum El Bouaghi qui est classée dans la zone sismique I de faible sismicité.
- ✓ Mila qui est classée dans la zone sismique II. A connue pour sa moyenne sismicité.

VI.4 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais **« in-situ »**.
- Les essais de laboratoire.

VI.4.1 L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VI.4.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de reconnaissance **« in-situ ».**

Cependant, les essais **« in-situ »** permettent de :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VI.4.3 Les essais au laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

Tableau VI-1:Les différents essais au laboratoire

Les essais physiques	Les essais mécaniques
• **Limites d'Atterberg.** • **Teneur en eaux naturelle** • **Essai au bleu méthylène VBS** • **Analyse granulométrique par tamisage**	• Essai PROCTOR. • Essai CBR à 95%.

VI.5 Le programme géotechnique :

VI.5.1 In situ :

VI.5.1.1 Lot route :

Vingt (20) puits de reconnaissance de 2m de profondeur chacun, réalisés à l'aide de la tarière, afin de :

- Réaliser des coupes lithologiques de puits.
- Prélever des échantillons remaniés pour la réalisation de différents essais en laboratoire.

VI.5.1.2 Lot ouvrage d'art :

Quatre (03) sondages carottés de 15m profondeur, afin de :

- ✓ Etablir des coupes lithologiques.
- ✓ Prélever des échantillons pour les essais en laboratoire.

Quatre ((04) sondages pressiométriques de 15m profondeur, pour déterminer à partir des diagrammes de chargement, les caractéristiques pressiométriques suivantes :

- ✓ Module pressiométriques (E)
- ✓ Pression limite (PL) définissant la résistance du sol à la rupture
- ✓ La pression de fluage (PF)
- ✓ Calculé le rapport E/PL

VI.5.2 En laboratoire :

Les échantillons remaniés des puits de reconnaissance ont été soumis selon la demande du client aux différents essais physiques et mécaniques réalisés tous selon les normes en vigueurs au LTP Est, à savoir :

VI.5.2.1 Lot route :

- **Essais physiques :**
  - **Teneur en eau**
  - **Analyses granulométriques**
  - **Limites d'Atterberg**
  - **Essai au bleu méthylène VBS**
- **Essais mécaniques**
  - **Essai Proctor**
  - **Essai C.B.R (californien-bearing - ratio)**

Voire l'annexe

VI.6 APPLICATION AU PROJET :

Conformément au contrat d'étude, sous référence 01/DT/2014, conclu entre le Laboratoire des Travaux Publics de l'Est (L.T.P/Est) d'une part et la Société d'Etudes Techniques Annaba (S.E.T.A), d'autre part, le LTP/Est direction régionale de Constantine, a entrepris une compagne d'investigation géotechnique dans le cadre de l'étude préliminaire, d'avant-projet détaillé de la liaison autoroutière reliant l'autoroute Est-Ouest à l'échangeur RN3/RN 75 sur 90Km.

La section comprise entre le **PK 22+260** et le **PK32+800** de la liaison autoroutière Batna /autoroute Est-Ouest tronçon02, est situé au Sud de la wilaya de Mila. Elle début à environ 7km au Nord-Ouest de la commune de Bir Chouhadas et se poursuit au Nord-Est de Machtet Hassi Bergoug.

Le tronçon est sur des terres agricoles. Il est d'orientation générale Sud-Est /Nord-Ouest. Il recoupe plusieurs cours d'eau temporaire et pistes.

VI.6.1 In situ :

VI.6.1.1 Lot route :

Vingt (20) puits de reconnaissance de 2m de profondeur chacun, on mais les résultats dans le tableau suivant :**(voire l'annexe géotechnique TAB 01)**

VI.6.1.2 Interprétation des résultats :

Les coupes lithologiques établies à partir des puits de reconnaissance réalisés, montrent que le sous-sol est constitué par deux formations prédominantes, à savoir :

- Limon argileux.
- Argile limoneuse.

L'ensemble est surmonté par une couche de terre végétale dont l'épaisseur varie entre 0.10m et 0.60m.

VI.6.1.3 Lot ouvrage d'art :

- **Sondages carottés :**

Quatre (03) sondages carottés de 15m profondeur, afin de :

- ✓ Etablir des coupes lithologiques.
- ✓ Prélever des échantillons pour les essais en laboratoire.

Les résultats obtenus :

Tableau VI-2:les résultats obtenus pour sondage carotté

Sondage N°	Profondeur (m)	Lithologie
Sc1	0.0-0.6	Remblai hétérogène
	0.6 – 15.0	Argile tufacée rougeâtre et blanchâtre ferme
Sc2	0.0 – 0.7	Terre agricole brunâtre
	0.5 – 15.0	Argile blanchâtre ferme
Sc3	0.0 – 0.6	Terre agricole brunâtre
	0.6 – 15.0	Argile tufacée rougeâtre ferme

- **Sondage pressiométrique :**

SONDAGE N°	PK	PROENDEUR
SP1	Passage supérieure CW48	15m
SP2	Passage supérieure PK 29+100	15m
SP3	Passage supérieure PK 31+450	15m

VI.6.2 En laboratoire :

Sur les échantillons remaniés prélevés au droit des puits de reconnaissance, des essais physiques et mécaniques ont été programmés afin de déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sous-sol.

VI.6.2.1 Lot route :

- **Essais physiques :**

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau récapitulatif suivant :**(voire l'annex géotechnique TAB 02)**

- **Essais mécaniques :**

Les résultats des essais Proctor, et des essais CBR imbibés sont englobés dans le tableau suivant :

(Voir l'annexe géotechnique TAB 03)

VI.6.3 Interprétation des résultats :

- ✓ **Teneur en eau :**

Les valeurs de la teneur en eau définissent un sol légèrement humide. Elles varient entre 8.40% et 22.10%.

- ✓ **Limites d'Atterberg (NFP 94-051) :**

- Les valeurs des limites de liquidité WL des différents échantillons varient entre 29.65 et 56.12%.
- Les valeurs des limites de plasticité WP des différents échantillons varient entre 14.92 à 23.48%.
- Les valeurs des indices de plasticité IP des différents échantillons varient entre 14.72 à 23.11%.
- Les couples (WL, IP) montrent que les points se localisent au-dessus de la ligne A (Abaque CASAGRANDE), dans la zone des argiles peu plastiques.

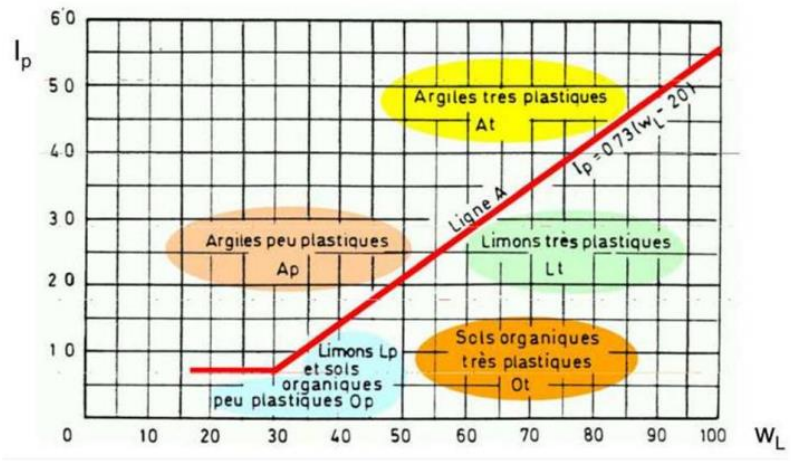


Figure VI-1:abaque de l'essai LIMITES D'ATERBERG

- ✓ **Essai au bleu méthylène VBS :**

Tableau VI-3:classification de sol par la valeur de bleu

Valeur de bleu de méthylène	**Catégorie de sol**
VBS < 0,1	Sol insensible à l'eau
0,2 ≤ VBS < 1,5	Sol sablo limoneux, sensible à l'eau
1,5 ≤ VBS < 2,5	Sol sablo argileux, peu plastiques
2,5 ≤ VBS < 6	Sol limoneux de plasticité moyenne
6 ≤ VBS < 8	Sol argileux.
VBS > 8	Sol très argileux.

Les valeurs au bleu de méthylène VBS définissent dans l'ensemble un sol limoneux, limoneux argileux et argileux. Elles varient entre 1.34% et 3.39%, caractérisant ainsi des sols sensibles à l'eau.

- ✓ **Essai granulométrique (NFP 94-056) :**

Tous les échantillons prélevés ont été soumis à l'analyse granulométrique. Les résultats enregistrés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le pourcentage des fines (< 0.080mm) varie de 41% à 100 %.

D'après ces résultats, la présence beaucoup de sable fin, limon et argile.

Les passants à 0.08 mm > à 35% alors toujours on a une classe A (sol fin)

- **Essais mécaniques :**

Les teneurs en eau optimal varient entre 9.59 et 16.34 % et les densités sèches maximales varient entre 1.75 et 1.97 t/m3.

Les valeurs de l'indice CBR varient entre 2.89 et 17.52avec une valeur moyenne de 3.89.

D'après le catalogue algérien de dimensionnement chaussées neuves on conclut que la classe de portance de sol est de classe S4 ➔ La réalisation d'une couche de forme s'avère nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée.

VI.6.3.1 Lot ouvrage d'art :

- Les essais en laboratoire sur les échantillons des sondages carottés :

SC N°	PROFENDEUR	Classe de sol
SC 1	15 m	Ap
SC 2	15 m	Ap
SC 3	15 m	Ap

Pour le sondage carotté on obtient un sol peu plastique dense légèrement humide est très consistant

- L'analyse chimique pour les échantillons de SC donne les résultats suivants :

SC N°	Profondeur	Teneure exprimé en % par rapport au matériaux sec		
		Insolubles	Carbonates	Sulfates
SC1	3.3 - 14.9	56	45	Traces
SC2	6.7 - 9.3	35	64	Traces
SC3	9.5 - 11.7	45	51	Traces

- Le taux de carbonates qui varie entre 33% et 68% confirme la nature de carbonate défascise existants
- L'absence de sulfate dans l'ensemble des échantillons atteste un sol non agressif

VI.7 Classification du sol support selon le guide GTR (NFP 11.300) :

La classification GTR consiste à classer le sol support selon leurs caractéristiques physiques et mécaniques pour étudier la réutilisation des matériaux de déblais le long du tracé. De plus, cette classification permet de démontrer les conditions d'utilisation des matériaux en remblais et leurs différents types de compactage.

- On prend un exemple au **PR43 :**

Granulométrique :

- DMAX = 20 mm
- Passant à 2mm = 95%
- Passant à 0.08mm = 71%

Limites d'Atterberg :

- IP=16.74
- Ic=1.22

Teneur en eau :

- Wn/Wopn=1.05

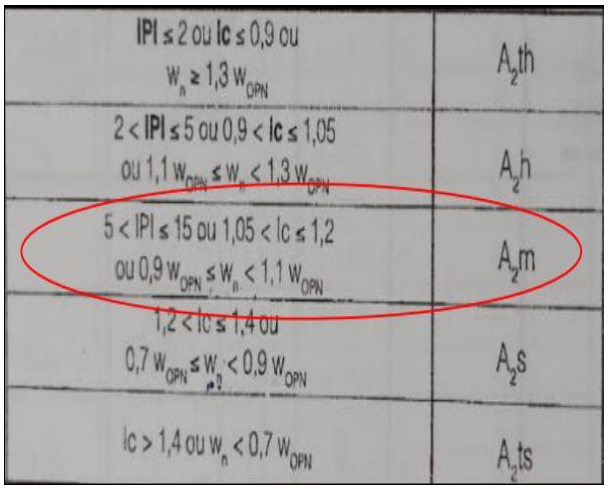


Figure VI-2:classement de matériau selon l'état hydrique

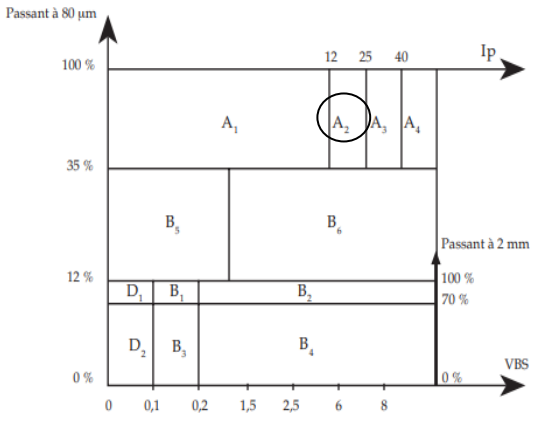


Figure VI-3:classification selon la nature

Les résultats de tous les puits sont représentés dans le tableau se dessous :

Puits N°	Classification GTR		
	Sous-classe Fonction de la nature	**Sous-classe** Selon l'état hydrique	**Nature du sol support**
PR 40	A1	A1S	Limon sableux
PR 41	A1	A1h	Limon sableux
PR 42	A2	A2S	Limon sableux graveleux
PR 43	A1	A1m	Limon sableux
PR 44	A1	A1S	Limon sableux
PR 45	A2	A2S	Limon sableux graveleux
PR 46	A1	A1m	Limon sableux
PR 47	A1	A1m	Limon sableux
PR 48	A2	A2S	Limon sableux graveleux
PR 49	A2	A2S	Limon sableux graveleux
PR 50	A1	A1m	Limon sableux
PR 51	A1	A1S	Limon sableux
PR 52	A1	A1m	Limon sableux
PR 53	A1	A1S	Limon sableux
PR 54	A2	A2ts	Limon sableux graveleux
PR 55	A1	A1m	Limon sableux
PR 56	A1	A1m	Limon sableux
PR 57	A1	A1th	Limon sableux
PR 58	A1	A1th	Limon sableux
PR 59	A1	A1th	Limon sableux

- **Condition d'utilisation en remblai :**

A1th : d'après le GTR ce sol est normalement inutilisable en l'état car le teneur en eau est plus élevé alors la résistance est faible. Donc le sol entre le PK 32+100 et PK 32+560 on ne peut pas l'utiliser pour le remblai.

A1h : ces sols sont difficiles à mètre on eouvre en raison de leur portance faible. On peut l'utiliser en l'état avec : compactage faible et remblai de faible de hauteur (<5m)

A1m : ce sol ne pose pas de problème de réutilisation en remblai sauf pour pluie forte avec un compactage moyen.

A2s : la teneur en eau de ces sols oblige un compactage intense. Pour l'état ni pluie ni évaporation on peut l'utiliser avec un compactage intense.

- **Condition d'utilisation en couche de forme :**

La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lorsqu'ils sont trop humides.

Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adaptés au cas de chantier considéré.

Ces sois se traitent presque toujours en place pour la phase de prétraitement à la chaux et éventuellement en centrale pour la phase traitement au ciment.

VI.8 CONCLUSION

- Les travaux de terrain et les résultats de la reconnaissance in situ montre que les terrains traversés par le tracé sont constitués du sol de classe A ; qui sont des sables argileux et limoneux moyennement sensible à l'eau avec une variété de présence des fines.
- On prend une pente moyenne de talus de 3H/2V (2/3) vue qu'il n'y a pas des talus à grand hauteur.
- La classification des matériaux de déblais permet de déduire que les matériaux des déblais sont relativement réutilisables en remblais et en couche de forme avec un traitement selon la situation météorologique avec la nécessité d'utiliser les matériaux des gites d'emprunt.

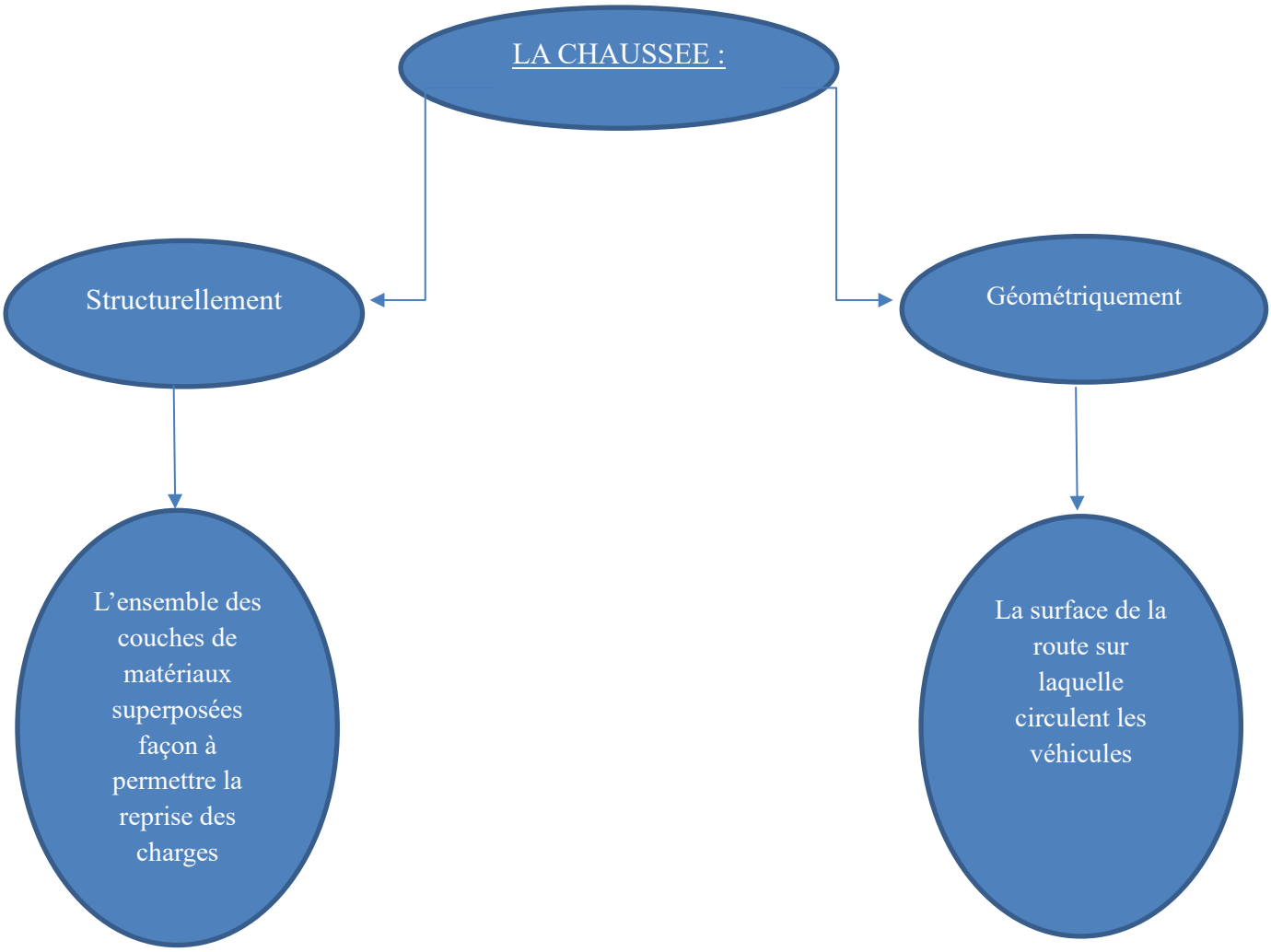
VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

VII.1 INTRODUCTION :

Le dimensionnement des structures de chaussée (neuve ou renforcement) constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires à utiliser dans les défirent couches et de déterminer les épaisseurs des différentes couches pour pouvoir rependre au contrainte appliquées par la circulation des véhicules. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

VII.2 DEFINITION DE LA CHAUSSEE :



Pour le dimensionnement du corps de chaussées on appliquera les deux méthodes les plus appliquées en Algérie à savoir :

- **La Méthode CBR.**
- **Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.**

VII.3 APPLICATION DU PROJET :

VII.3.1 La Méthode CBR :

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

✓ L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

- **N :** Désigne le nombre moyen de camion de plus de 1500 Kg à vide.
- **P :** Charge par roue P = 6.5t (essieu 13 t).
- **Log *N* 10 :** Logarithme décimal.
- **ICBR :** Indice portant C.B.R

✓ L'épaisseur équivalant est données par la relation suivants :

$$Eq = \sum eréelle \times ai$$

Avec :

- Pour la couche de roulement : e1× $a1$
- Pour la couche de base : e2× $a2$
- Pour la couche de fondation : e3× $a3$
  - e1 ; e2 ; e3 : épaisseurs réelles des couches
  - $a1$; $a2$; $a3$: coefficients d'équivalence

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

Tableau VII-1:coefficient d'équivalence

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concasse ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume	1,50 à 1,70
Tuf	0,50

Pour ce projet on a :

- ✓ Pourcentage des poids lourd : PL = 20%
- ✓ Le taux d'accroissement : T= 3.5%
- ✓ CBR de sol : 3.9
- ✓ Durée de vie : 20 ans
- ✓ PL 2025 = 1661 PL/J/sens
- ✓ PL 2045 = 3305 PL/J/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

On a une chassées unidirectionnelles à 3 voies ➔80% du trafic PL sur la voie lente de droite

N_{PL}= 3305×0.8 = 2644 PL/J/vpc

Donc l'épaisseur équivalant :

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

$$Eeq=\frac{100+\sqrt{6}.5(75+50\log\frac{2644}{10})}{3.9+5}$$

$$Eeq=70cm$$

VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e 1 » et « e2 » et on calcule « e3 », généralement les épaisseurs adoptées sont :

- ✓ Pour la couche de roulement :

e1=6cm béton bitumineux **(BB)** ➔ $a1=2.00$

- ✓ Pour la couche de base :

e2=10cm grave bitume **(GB)** ➔ $a2=1.5$

- ✓ Pour la couche de fondation :

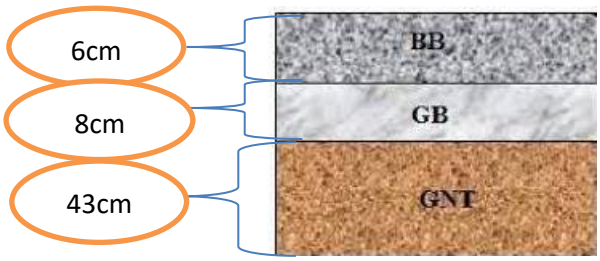
e3= épaisseur en Grave concassée **(GNT)** ➔ $a3=1$

70=6×2 + 10×1.5+ e3×1 ➔ e3=70-6x2-10x1.5 =**43cm**

Donc on prend **43cm** pour **GNT**

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

6BB + 8GB + 43GNT



VII.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- ✓ Le trafic
- ✓ Les données climatiques
- ✓ Durée de vie
- ✓ Le sol support de chaussées
- ✓ Le risque de calcule considérer
- ✓ Les caractéristiques des matériaux

VII.3.2.1 Les données climatiques :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

VII. DIMENSIONNEMET DE CORPS DE CHAUSSEE

Le climat influence les caractéristiques :

- ✓ Des matériaux de corps de chaussées
- ✓ Du sol PST

La pluie précipitation pluvial augmente la teneur on eau de la platform et baisse leur résistance

La température abaisse le module de Yong des matériaux bitumineux

Le dimensionnement du corps de chaussée s'effectue avec une température consistance, c'est-à-dire température équivalente θeq, en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année. La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le **« catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) »,** le site de projet est classé en zone II

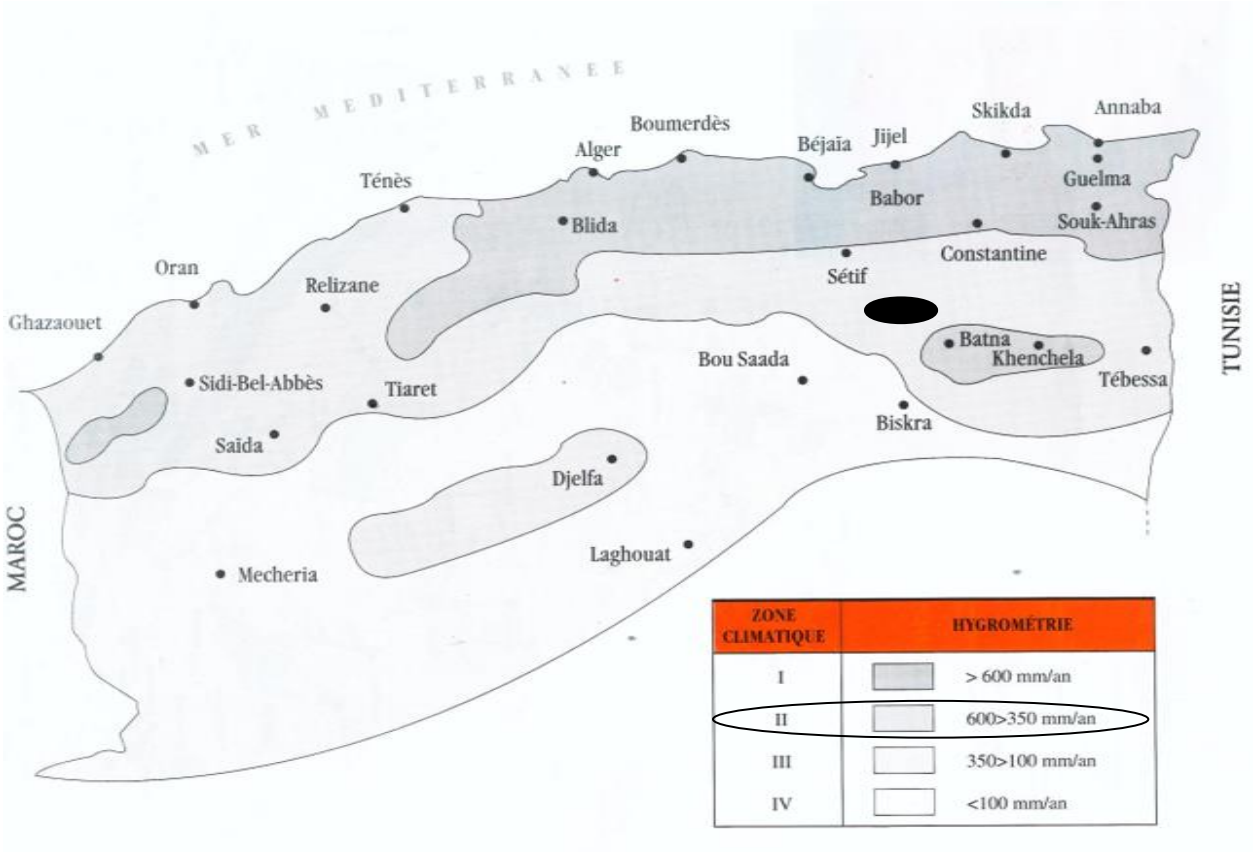


Tableau VII-2:coix de la température équivalente (fascicule 02)

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalent θeq	20°c	25°c	30°c

Donc on prend une température équivalente : **θeq =20°C.**

VII.3.2.2 Les données de trafic :

- **Détermination du type de réseaux principaux :**

D'après catalogue on a la classification suivante :

- Liaison reliant deux chefs de wilaya
- $TJMA_{2015}$ =10797 v/j ≥ 1500 v/j

Donc le réseau principal est : **RP1**

- **Détermination de la classe de trafic (TPLi) :**

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C.La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lords par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

On peut exprimes l'évaluation du trafic comme suit :

- Le Pourcentage de poids lourds : Z =20%
- La durée de vie est de 20 ans
- Taux de croissance de poids lourds : τ= 3.5%
- TJMA (2015) =10797 V/j
- TJMA (2025) =15230 V/j
- TPL (2025) =15230×0.2 = 3046 PL/J
- TPL (2025) =$3046\times\frac{2}{3}$ = 2030 PL/J/sens

- **Répartition du trafic :**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle (3 voix).

D'après le catalogue du dimensionnement algérien, la répartition du poids lourd est de 80% sur la voie de droite la plus chargée.

TPL (2025) = 2030×0.8 =1624 PL/J/vpc

Tableau VII-3:classe de trafic de poids lourd

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

On a: TPL (2025) =1624 PL/J/vpc

Donc on a : 1500<1624<3000

La classe de Trafic est : **TPL6**

- **Le trafic cumule de poids lourd TCi :**

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

- i : le taux d'accroissement
- TPLi = 1624 PL/J/sens

$$TCi = 1624 \times 365 \times \frac{(1+0.035)^{20} - 1}{i}$$

$$TCi = 16.76 \times 10^6$$

- **Le trafic cumule équivalant (TCEi) :**

$$TCEi = TCi \times A$$

A : coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t en fonction de réseau principal RPi

Tableau VII-4:valeur du coefficient d'agressivité "A" (fascicule 02)

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume :GB/GB, GB/Tuf, GB/SG, GB/GNT.	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg/GC	1

Pour notre cas, la structure type sera en matériaux traités au bitume, et d'après le tableau de « **catalogue du dimensionnement algérien** » Le coefficient **A = 0,6.**

Donc : TCEi=$16.76\times10^6\times0.6$=1005600 essieux équivalents de 13t.

VII.3.2.3 Détermination de la classe de sol-portance :

On a le CBR= 3,9

- **Présentation des classes de portance des sols** :

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

Tableau VII-5:Présentation des classes de portance des sols (fascicule N° 1)

Portance (Si)	**S4**	**S3**	**S2**	**S1**	**S0**
E(MPa)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

- **Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :**

Le sol doit être classé selon le module du sol support (E=5×CBR) ⟹ **E=19.5 MPA**

Donc d'après le tableau de la portance du sol support est de **S4**.

Le catalogue algérien ne prend pas de fiche de dimensionnement pour une structure de **TPL6**, **S4** et la **zone II.**

Tableau VII-6:Classes de portance à long terme du sol support

Classes de sol-support	**S3**	**S2**	**S1**	**S0**
Module (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Il est nécessaire de surclasser de **S4** ➔ **S2** avec la mise en place de couche de forme de 60cm (TUF).

On a un sur classement de sol support, le tableau suivant donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	**Matériau de couche de forme**	**Epaisseur de matériau de couche de forme**	**Classe de portance de sol support visée (Si)**
>S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4		60 cm (en 2 couches)	S2
S3		40 cm (en 2 couches)	S2
S3		70 cm (en 2 couches)	S1

Figure VII-1:sur classement de forme en matériau non traité

- **Le risque de calcule :**

D'après le catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves nous avons un risque de **5%.**

VII.3.3 Choix des différentes couches constituantes de la chaussée

- **Proposition de la structure :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé les deux structures suivantes :

Tableau VII-7:les structures proposées

	Structure 1	Structure 2
Couche de roulement	BB	BB
Couche de base	GB	GB
Couche de fondation	GNT	GB

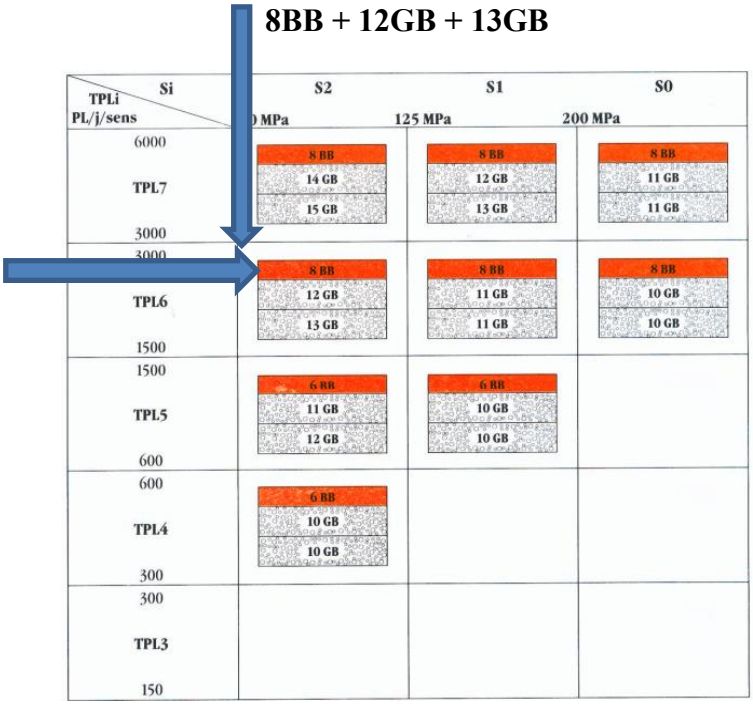
- **Choix de dimensionnement :**

D'après le fascicule 3 de catalogue de dimensionnement algérien :

On peut tirer le type de structure approprié qui sont déjà prés calculés en respectant les facteurs suivants :

- Réseau principal niveau 1 (RP1)
- Zone climatique **II**
- Durée de vie 20 ans et le taux d'accroissement 4%
- TPL6
- Classe de portance : S4

Avec les données citées ci-dessus et la classe visée S2, le catalogue de dimensionnement algérien (fascicule3) préconise une structure de :



VII.3.4 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier que les déformations εt et εz de la structure calculée à l'aide d'Alize Lcpc, sont inférieurs aux valeurs admissibles (εt, adm et εz, adm) calculées par la méthode du catalogue.

On a :

- Le risque de calcule :5%
- Température équivalent : **θeq =20°C.**
- Sol support : classe de sol support **S4 : E=5×3.9=19.5, ν=0.35**
- Condition aux interfaces : toutes les interface sont collées (fassicule02)
- Donnée de calage : **Kc=1.3**
- **TCEi=1.005×10⁶**

- **Calcul de la déformation admissible sur le sol support :**

$$\varepsilon_{z,\,ad}=22\times10^{-3}\times(TCEi)^{-0.235}$$

$\varepsilon z,\ ad=22\times10^{-3}\times(1.005\times10^{6})^{-0.235}=854.89\times10^{-6}$

$$\varepsilon z,\ ad=859.89\times10^{-6}$$

- **Calcul de la déformation admissible εt.ad à la base de GB :**

$$\varepsilon t.ad=\varepsilon 6(10°C,\ 25Hz)\times Kne\times K\theta\times Kr\times Kc$$

- **ε6(10°C, 25Hz) :** déformation limite détenue au bout de 106 cycle
- **Kne :** facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- **Kθ :** facteur lié à la température.
- **Kr :** facteur lié au risque et aux dispersions
- **Kc :** facteur lié au calage.

Tableau VII-8:Performance mécanique des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E(30°,10Hz) (MPA)	E (25° ,10 HZ) (MPa)	E (20° ,10 HZ) (MPa)	E (10° ,10 HZ) (MPa)	ε6(10°c, 25hZ) 10^{-6}	-1/b	SN	SH	ν	Kc
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après le catalogue de dimensionnement Algérien et les tableaux ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- ✓ Température équivalent : **θeq =20°C** ➔ **E (20° ,10 HZ) (MPa)=7000** MPA
- ✓ C : coefficient égal à 0.02
- ✓ -1/b=6.84 ➔ b=-0.146
- ✓ R=5% ➔ t=-1.645
- ✓ Kc=1.3

- **Kne=** $\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^{b}$ **Kne=** $\left(\frac{1005600}{10^6}\right)^{-0.146}$

Kne=0.9

- **Kθ=** $\left(\frac{\mathbf{E\ (10°\ ,10\ HZ)\ (MPa)}}{\mathbf{E\ (\ \theta eq\ ,10\ HZ)\ (MPa)}}\right)$

Kθ=1.336

- **Kr=$10^{-tb\delta}$**
  - **t=-1.645**
  - **b=-0.146**
  - **δ=**$\sqrt{(SN^2+\left(\frac{C}{b}\times Sh\right)^2)}=\sqrt{(0.45^2+\left(\frac{0.02}{-0.146}\times 3\right)^2)}$**=0.61**

Kr=0.769

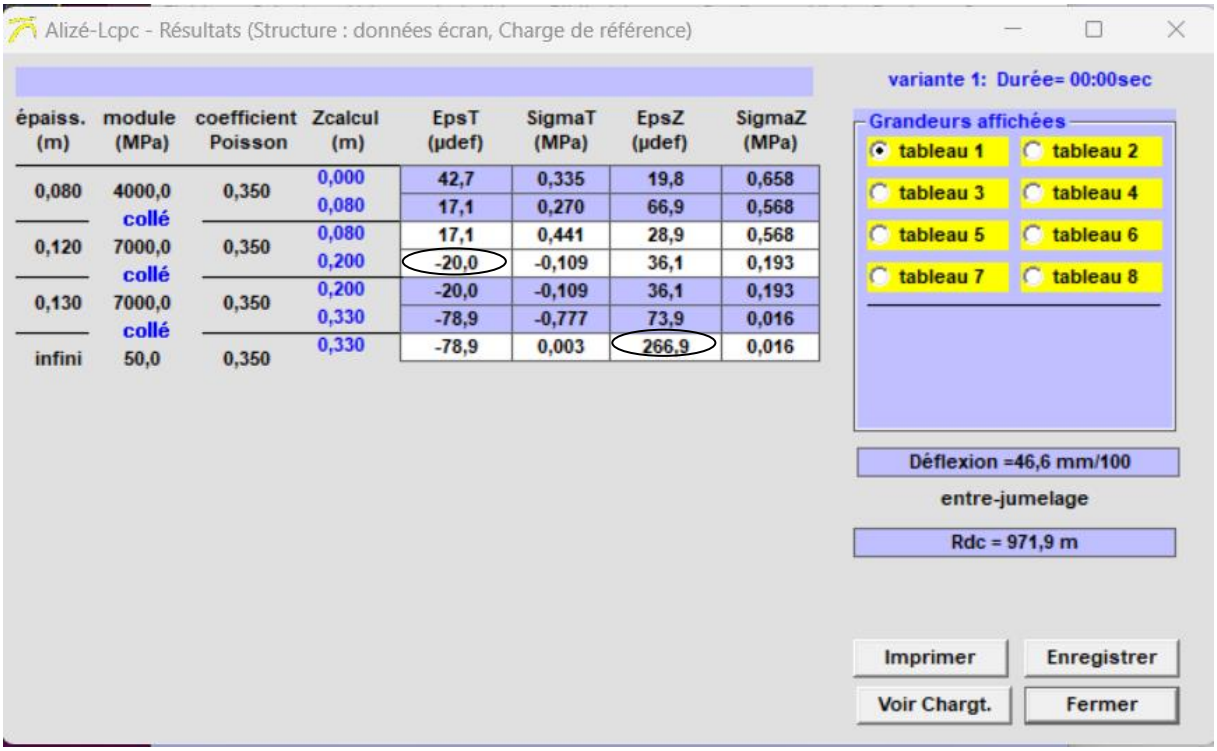
D'où :

$\varepsilon t.ad=100\times10^{-6}\times0.9\times1.336\times0.769\times1.3$

$\varepsilon t.ad=120.2\times10^{-6}$

VII.3.5 Vérification de l'Alizé-LCPC :

- Pour une structure de : **8BB + 12GB + 13GB**



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,7	0,335	19,8	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,441	28,9	0,568
	collé		0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
	collé		0,330	-78,9	-0,777	73,9	0,016
infini	50,0	0,350	0,330	-78,9	0,003	266,9	0,016

Figure VII-2:vérification de l'alizé-LCPC

Tableau VII-9:valeurs des déformations

	DEFORMATION Calculées	DEFORMATION ADMISSIBLE
εt	**20×10^{-6}**	**120.2×10^{-6}**
εz	**266.9×10^{-6}**	**859.89×10^{-6}**

On remarque que : **εt < εt.ad et εz < εz.ad**

Pour un aspect économique, il est recommandé d'optimiser la structure donc on a une structure de **8BB+12GB+13GB** cette structure est vérifiée par l'Alizé-LCPC.

VII.4 CONCLUSION

Le dimensionnement du corps de la chaussée par les deux méthodes (CBR et catalogue de chaussée Neuve) donne les résultats suivants :

Tableau VII-10:structure retenue par les deux méthode (CBR et catalogue de chaussée neuve)

STRUCTURE A Méthode CBR	STRUCTURE B Catalogue de chaussée Neuve
06BB	08BB
08GB	12GB
43GNT	13GB

VIII. ETUDE HYDROLIQUE ET ASSINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, C'est-à-dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, vers des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc…
- Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant).
- Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, …).

VIII.2 OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement de surface de chaussée (danger d'aquaplaning).
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à traverse de corps de la chaussée (danger de ramollissement du terrain sous -jacent et effet de gel)
- Éviter les problèmes d'érosions.
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

VIII.3 NATURE DES RESEAUX ASSAINISSEMENT ROUTIER :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés. Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière ; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route. Il s'agit définir les réseaux constitue l'ouvrage :

- Ouvrage de collecte (caniveaux, fosse…).
- Ouvrage de concentration des eaux (regards, avaloirs…).
- Ouvrage d'évacuation (Tête de buses, Collecteurs...).

VIII.4 ETUDE HYDROLOGIQUE :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase, le cycle d'eau qui est lié avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre.

Elle englobe l'étude des précipitations, l'écoulement et les eaux de surface et les eaux souterrains.

Les études hydrologiques sont indispensables, elles sont pour objectif d'étudier les conditions des ressources en eau d'une part et d'autre part d'estimer la crue contre laquelle il est nécessaire de protéger l'ouvrage.

- Les étapes pour la réalisation de l'estimation des débits maximales sont :

- Collecte des données cartographiques.
- Collecte des données pluviométriques.
- Traitement cartographique.
- Estimation du temps de concentration.
- Estimation des pluies de courte durée.
- Estimation des débits d'apport **(Qa)**.
- Estimation de débit de Saturation **(Qs)**.

VIII.5 Bassins versants :

VIII.5.1 La délimitation des bassins versants :

Le traitement cartographique consiste à traiter les données de la carte topographique par un logiciel approprié (Globale Mapper) pour la délimitation des bassins versants et la détermination des principales caractéristiques morpho métrique de ce dernier (superficie **S**, longueur du thalweg **lce**. Altitude maximale **Hmax**, altitude minimal **Hmin**, et pente longitudinale du thalweg **I**).

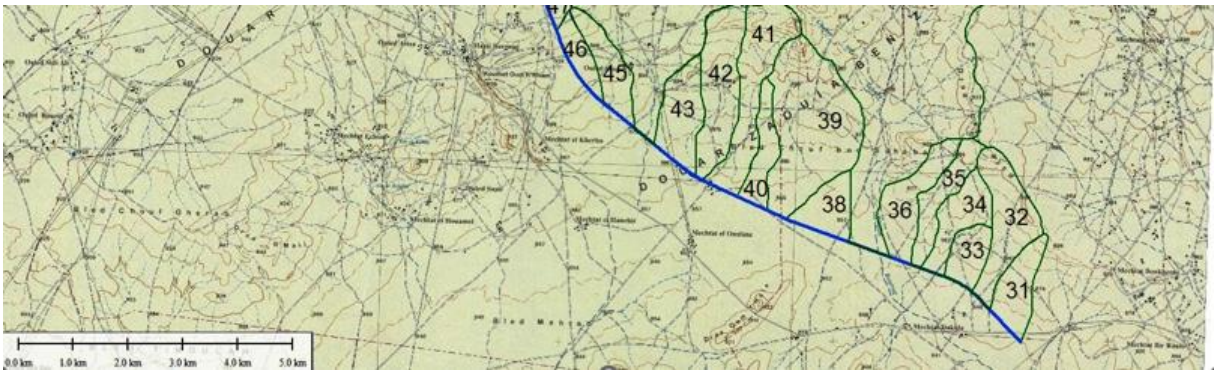


Figure VIII-1:la délimitation des bassins versons

- **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique, limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale d'une façon naturelle une canalisation en un point considérer.

- **Surface du bassin versant :**

La surface du bassin versant est la projection de la surface sur un plan horizontal, elle est mesurée par planimétrie, dans notre cas, les surfaces des bassins versants sont mesurées à l'aide du logiciel Global Mapper.

- **La longueur principale de thalweg :**

Les longueurs des thalwegs sont mesurées par curvimètre numérique à l'aide du logiciel Global Mapper.

VIII.5.2 Caractéristiques des sous bassins versants (BV) :

- **La pente moyenne du thalweg :**

En peut exprimer la pente moyenne du thalweg par la relation suivante :

$$I=(Hmax-Hmin) / Ic.e$$

Avec :

- Hmax : altitude maximale
- Hmin : altitude minimale
- Ic.e : longueur de thalweg

- **Indice de compacité Kc :**

L'indice de compacité, ou indice de Gravelais est un paramètre indicateur de la forme du bassin versant ; il renseigne aussi sur la vitesse de concentration des débits, la puissance des crues et l'importance de l'activité de l'érosion du sol.

$$Kc=0.28\times \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront court.

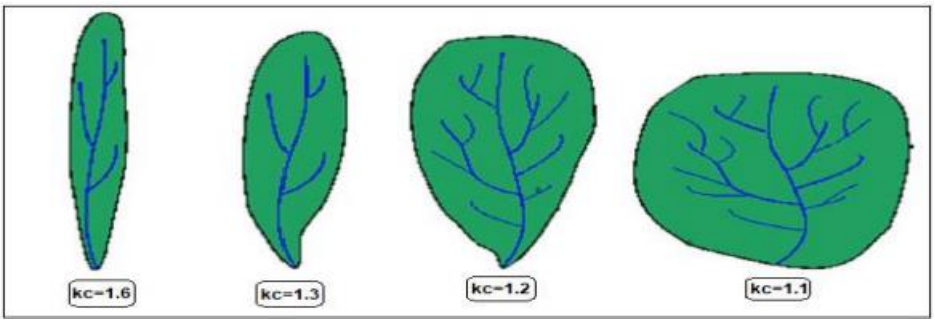


Figure VIII-2:indice de compacité

VIII.5.3 Calcul hydraulique :

Estimation du temps de concentration :

Le temps de concentration est une caractéristique importante dans la formation de la crue pluviale et son débit de pointe. Il intègre l'influence complexe des processus hydrauliques et hydrologiques sur les versants et dans le lit de l'oued. Pour les crues, cette variable caractérise la vitesse de propagation de la phase maximale, Le temps de concentration peut être estimé

selon plusieurs formules comme celles de : **Ventura, Passini, Giandotti**. Chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

- **Temps de concentration Tc :**

$Tc=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}$ ➔Si A < 5km^2 selon VENTURA

$Tc=0.108\times\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ ➔Si 5km^2 ≤ A≤25km^2

$Tc=\frac{4\sqrt{A}+1.5.L}{0.8\sqrt{H}}$ ➔Si 25km^2≤ A ≤200km^2

Où :

- A : superficie du bassin versant (km^2)
- P : pente moyenne du bassin versant (m.p.m)
- L : longueur de bassin versant (km)
- H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m)

- **On prend un exemple :**

Pour (BV 31) : (A=0.96 Km^2, P=2.82%, L=1.82Km)

A<5km^2 : donc on applique la formule heures de **VENTURA**

$$Tc=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$Tc=0.127\times\sqrt{\frac{0.96}{0.0282}}=0.74 \text{ heures}$$

- Les résultats de calcul de **tc** pour tous les bassins versant sont représentés dans le tableau suivant : **(voire l'annexe hydraulique TAB 01)**

- **Détermination de l'intensité I(t) :**

La formule de la courbe relative à durée fréquence de Batna est la suivante :

$$\mathbf{I(t) = a(t)\times T^{-b}}$$

Avec :

b : l'exposant climatique b=0.7

a(t) : coefficient de Montana

Tableau VIII-1:coefficient de montana

T(année)	10	50	100
a(t)	21.05	26.89	28.02

On prend un exemple :

Pour (BV 01) :(tc= 0.490 h, b= 0.7, a(t)10 ans=21.05, a(t)50 ans=26.89, a(t)100 ans=28.02)

$$I(t) = a(t) \times T^{-b}$$

Donc :

I(t) 10ans $=21.05\times0.74^{-0.7}=25.98$mm/h

I(t) 50ans $=26.89\times0.74^{-0.7}=33.19$mm/h

I(t) 100ans $=28.02\times0.74^{-0.7}=34.59$mm/h

- Les résultats de calcule de l'intensité pour tous les bassins versants sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VIII-2:LES VALEURS DE L'INTENSITE

N°BV	tc(h)	b	a(t) 10 ans	a(t) 50 ans	a(t) 100ans	I(t) 10ans mm/h	I(t) 50ans mm/h	I(t) 100ans mm/h
BV01	0.66	0.7	21.05	26.89	28.02	28.15	35.96	37.47
BV02	0.67	0.7	21.05	26.89	28.02	27.86	35.59	37.08
BV03	0.44	0.7	21.05	26.89	28.02	37.39	47.77	49.77
BV04	0.58	0.7	21.05	26.89	28.02	30.82	39.37	41.02
BV05	1.17	0.7	21.05	26.89	28.02	18.85	24.09	25.10
BV06	0.739	0.7	21.05	26.89	28.02	26.01	33.23	34.62
BV07	0.881	0.7	21.05	26.89	28.02	23.00	29.38	30.61
BV08	0.634	0.7	21.05	26.89	28.02	28.95	36.9	38.54
BV09	0.731	0.7	21.05	26.89	28.02	26.21	33.48	34.89
BV10	0.739	0.7	21.05	26.89	28.02	26.01	33.23	34.62
BV11	0.949	0.7	21.05	26.89	28.02	21.83	27.89	29.06
BV12	1.527	0.7	21.05	26.89	28.02	15.65	19.99	20.83
BV13	1.2	0.7	21.05	26.89	28.02	18.52	23.66	24.6
BV14	1.605	0.7	21.05	26.89	28.02	15.11	19.30	20.12
BV15	0.834	0.7	21.05	26.89	28.02	23.90	30.53	31.81
BV16	0.962	0.7	21.05	26.89	28.02	21.62	27.62	28.79
BV17	1.114	0.7	21.05	26.89	28.02	19.51	24.93	25.98
BV18	0.968	0.7	21.05	26.89	28.02	26.01	33.23	34.62

- **Coefficients de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :

- La nature du sol

Imperméable :0,22 – 0,26 – 0,30

Peu perméable :0,10 – 0,15 – 0,20

Perméable : 0,06 – 0,08 – 0,10

Très perméable : 0,03 – 0,04 – 0,05

- L'état de végétalisation sur la terre écoulée

Rocheux : 0,22 – 0,26 – 0,30

Prairie :0,17 – 0,21 – 0,25

Labours – champs :0,07 – 0,11 – 0,15

Forêts et territoire sableux :0,03 – 0,04 – 0,05

- La pente P de l'isohypse

P < 3,5 %	0,01 – 0,03 – 0,05
3,5 % < P < 11 %	0,06 – 0,08 – 0,10
11 % < P < 35 %	0,17 – 0,16 – 0,20
P > 35 %	0,22 – 0,26 – 0,30

On peut prend finalement prends la valeur de C à partir c'est trois caractères.

A partir les valeurs de projet on prend : **C=0.3**

- **Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :**

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants.

Pour évaluer le débit maximal des bassins versants, on a utilisé les formules suivantes :

- **Formule rationnelle** : pour le bassin A<10km^2

On peut le calculer par la formule suivante :

$$\mathbf{QT = (C \times I \times A) / 3.}$$

Tel que :

- QT : débit maximal de la crue de période de retour voulue (m3/s).
- C : coefficient de ruissellement.

- I : intensité de pluie (mm /h) pour le temps de concentration du BV et la récurrence souhaitée.
- A : la surface du bassin versant (km²).

Exemple :

On prend le bassin versant N°1 :

A=0.96 km^2 < 10 km^2

I(10ans) =26.013mm/h, I(50ans) =33.23 mm/h, I(100ans) =34.627mm/h

C=0.3

Donc:

Q_{10} = (0.96×0.3×26.013)/3.6 =2.08 m^3/s

Q_{50}= (0.96×0.3×33.23)/3.6 =2.65 m^3/s

Q_{100}= (0.96×0.3×34.627) /3.6 =2.65 m^3/s

- **Formule de transition :** pour les bassins de 10 Km2 < A < 50 Km2.

$$QT = \alpha\, Q(RT) + \beta\, Q(CT)$$

Tel que :

- **QT :** débit de projet de période de retour
- **Q(RT) :** débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T
- **Q(CT) :** débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T
- **α, β** : coefficients de pondération : α = (50-A) /40 , β= 1 - α.

- **Formule Crupedix :** pour les bassins de (A >50 Km2)

$$Q100 = b' \times Q10$$

$$Q10 = A0.8 \times (PJ/80) \times R$$

Avec :

- A [km2] : surface du bassin versant.
- PJ [mm / j] : Précipitation journalière maximale décennal
- R : coefficient régional
- R = 0,2 pour des terrains perméables.

- R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables.
- R = 1 pour des terrains intermédiaires.

Le paramètre b' est dépendant de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km2, b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q 10 et Q 100 comme si la formule rationnelle était applicable).
- Au-delà de 20 km2, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet. A défaut, b' = 2 au minimum

❖ Les valeurs des débits d'apport sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau VIII-3:LES VALEURES DE DEBITS D'APPORT

BASSIN	S(km²)	C	I(10ans)	I(50ans)	I(100ans)	Q10	Q50	Q100
BV01	0.87	0.3	28.15	35.96	37.47	2.041	2.607	2.717
BV02	0.98	0.3	27.86	35.59	37.08	2.275	2.906	3.028
BV03	0.44	0.3	37.39	47.77	49.77	1.371	1.751	1.825
BV04	0.86	0.3	30.82	39.37	41.02	2.208	2.821	2.940
BV05	3.28	0.3	18.85	24.09	25.10	5.154	6.584	6.861
BV06	0.96	0.3	26.01	33.23	34.62	2.575	3.605	4.89
BV07	1.67	0.3	23.00	29.38	30.61	4.375	6.125	8.31
BV08	0.7	0.3	28.95	36.99	38.54	2.111	2.956	4.01
BV09	1.03	0.3	26.21	33.48	34.89	3.022	4.231	5.74
BV10	0.95	0.3	26.01	33.23	34.62	2.644	3.702	5.02
BV11	1.33	0.3	21.83	27.89	29.06	2.956	4.138	5.62
BV12	28.4	0.3	15.65	19.99	20.83	48.759	68.263	92.64
BV13	0.85	0.3	18.52	23.66	24.66	1.456	2.038	2.77
BV14	3.88	0.3	15.11	19.30	20.12	5.542	7.758	10.53
BV15	0.79	0.3	23.90	30.53	31.81	1.794	2.511	3.41
BV16	2.06	0.3	21.62	27.62	28.79	4.876	6.827	9.27
BV17	1.98	0.3	19.51	24.93	25.98	3.523	4.932	6.69
BV18	1.28	0.3	26.01	33.23	34.62	2.534	3.548	4.82

- **Période de récurrence de la crue de projet :**

Période de récurrence de la crue de projet : Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la pénétrante, il est évident de définir la crue de projet, Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du coût d'investissement et le risque des dommages encourus quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés. A cet égard, on se propose de retenir les périodes de récurrence :

- 100 ans pour la conception des ponts.
- 50 ans pour la conception des dalots et buses
- 10 ans pour les fossés des TPC, des bords, des crêtes et des pieds …

➢ **Débit de saturation :**

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Qs=S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

- S : section mouillée
- KST : coefficient de STRICKLER
  - KST=70 pour les dalots
  - KST=80 pour les buses
- R_H: rayon hydraulique (m) $R_H=S/P$
- J :la pente moyenne de l'ouvrage.

VIII.6 DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES :

Le choix du dimensionnement des ouvertures est vérifié sur la base des calculs hydrauliques, nous proposons deux variantes d'ouvrages :

- Dalots
- Des ouvertures circulaires (buses)

VIII.6.1 Les règles à respecter :

Pour le dimensionnement des OH on a des conditions faut les respecter :

- L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit la crue correspondante.
- La vitesse de l'écoulement ne doit pas excéder $4m/s$ pour les ouvrages en béton et $2.5m/s$ pour les buses métalliques
- Dimensionner les réseaux longitudinaux pour au moins pour la pluie d'occurrence décennal (T=10 ans).
- Les eaux de déblais doivent, dès que possible, être rejetées hors plateforme.
- La pente des ouvrages doit être limitée (la pente minimale de l'ouvrage doit être supérieure à 0,1 %) pour éviter des vitesses trop élevées.
- La vitesse maximum acceptée sera de 6,0 m/s.
- Le degré de remplissage maximum des tuyaux et dalots est égal à 80 % pour la période de retour considérée.

VIII.6.2 Dimensionnement des dalots :

Les calculs hydrauliques des ouvertures rectangulaires doivent être vérifiés pour un taux de remplissage hr = 0.8h, on fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long

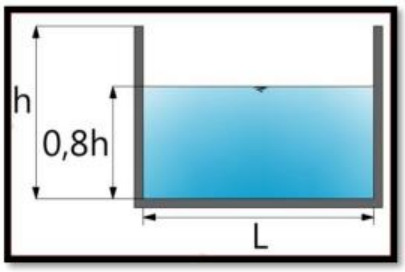


Figure VIII-3:dimensions des dalots

$$Qs=S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

Avec :

Pm : périmètre mouillé = L+2(0.8h)

Sm : Surface mouillé = L × (0.8h)

Rh : Rayon mouillé = Sm/Pm

$$Rh= Sm/Pm= \frac{L\times(0.8h)}{L+2\times0.8h}$$

$$Qa = Qs \rightarrow Qa = Sm.\ Kst.\ R_H^{2/3}.\ J^{1/2}$$

$$Qs = L\times (0.8h).\ K_{ST}.\ (\frac{L\times(0.8h)}{L+2\times0.8h})^{2/3}.\ J^{1/2}$$

On prend un exemple de BV01 :

$$Qs = L\times (0.8h).\ KST.\ (\frac{L\times(0.8h)}{L+2\times0.8h})^{2/3}.\ J^{1/2}$$

On a : $Qa=3.605m^3$

On suppose que L=H : (dalot carré)

Qs=Qa

Apres la simplification on prend :

$$Qs=0.365\times L^{8/3}\times K_{ST}\times\sqrt{J}$$

On a: Qs=Qa

$$Qa=0.365\times L^{8/3}\times K_{ST}\times\sqrt{J}$$

$L^{8/3}=\frac{Qa}{0.365\times Kst\sqrt{J}}$

$L=(\frac{Qa}{0.365\times Kst\sqrt{J}})^{3/8}$ ➔A. N : L=1.22 m

L=1.5m (d'après le marché)

On calcul Qs:

$Qs=0.365\times (1.5)^{8/3}\times 70\times (0.01)^{1/2}$

$Qs=7.53m^3/s > Qa$

On prend un dalot de **:1.5×1.5** avec une seule cellule

Les résultats sont dans le tableau suivants :

Tableau VIII-4:les dimensions des dalots

BASSIN	Q50	nbr cellule	L	H	S	P	Rh	I	k	Qs	V	PK	Profile
BV_01	2.607	1	2	1	1.6	3.6	0.44	0.1	70	20.62	12.89	22+025	OH01
BV_02	2.906	1	2	1.5	2.4	4.4	0.54	0.1	70	35.466	14.77	22+739	OH02
BV_03	1.751	1	2	1	1.6	3.6	0.44	0.1	70	20.62	12.89	23+262	OH03
BV_04	2.821	1	2	1.5	2.4	4.4	0.54	0.1	70	35.46	14.77	24+172	OH04
BV_05	6.584	3	3	2	4.8	6.2	0.77	0.1	70	89.58	18.66	24+777	OH05
BV_06	3.605	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	25+317	OH06
BV_07	6.125	1	2	2	3.2	5.2	0.61	0.1	70	51.24	16.01	25+817	OH07
BV_08	2.956	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	26+236	OH08
BV_09	4.231	1	2	1.5	2.4	4.4	0.54	0.1	70	35.46	14.77	27+147	OH09
BV_10	3.702	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	27+391	OH10
BV_11	4.138	3	2	1.5	2.4	4.4	0.54	0.1	70	35.46	14.77	27+601	OH11
BV_12	68.263	1	3	3	7.2	7.8	0.92	0.1	70	151.09	20.98	27+963	OH12
BV_13	2.038	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	28+721	OH13
BV_14	7.758	1	3	2	4.8	6.2	0.77	0.1	70	89.58	18.6	30+210	OH14
BV_15	2.511	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	30+419	OH15
BV_16	6.827	1	2	2	3.2	5.2	0.61	0.1	70	51.24	16.01	31+184	OH16
BV_17	4.932	1	2	1.5	2.4	4.4	0.54	0.1	70	35.46	14.77	31+600	OH17
BV_18	3.548	1	1.5	1.5	1.8	3.9	0.46	0.1	70	23.79	13.22	31+821	OH18

VIII.7 Dimensionnement des fosses :

VIII.7.1 Hypothèses de calcul :

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans.

L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace.

La durée est égale au temps de concentration du bassin.

Les bassins versants sont de petites superficies (inferieurs à 5 km²).

La section transversale des fossés est de forme trapézoïdale (la plus utilisée en Algérie).

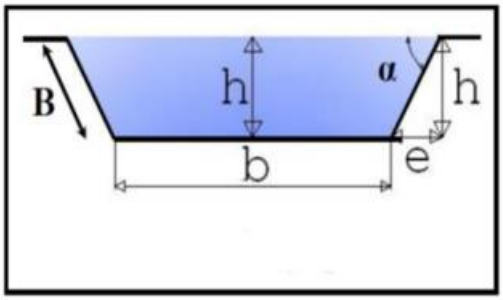


Figure VIII-4:dimensionnement de fossés

- **La section mouillée :**

On a déjà supposé qu'on ait une section trapézoïdale

$Sm=((b+b+2.e).h)/2$

Avec :

$1/tg\ \alpha=m$, d'où : $e= m.\ h$

$Sm=b.h+m.h^2$

$Sm=h.(b+m.h)$

- **Le périmètre mouillé :**

$Pm=b+2.B$

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

Alors :

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

- **Le Rayon hydraulique :**

$$\mathbf{Rh}=\frac{\boldsymbol{Sm}}{\boldsymbol{Pm}}=\frac{h.(b+m.h)}{\boldsymbol{b+2h}.\sqrt{1+m^2}}$$

On a:

$Qs = Kst.R^{2/3}. I^{1/2}. Sm$

Qa=C.I. A

Avec :

I : L'intensité de l'averse exprimé mm/h.

A : Superficie de bassin versant (Km2).

Kst: Coefficient de Manning Strickler (m3/s).

I : Pente longitudinal.

K : Coefficient de concentration.

C : Coefficient de ruissellement.

VIII.8 APPLICATION AU PROJET

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, ou il y a une hauteur importante du déblais **h=9.5m** et une pente de 3H/2V, qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai.

D'après le profil en long, notre cas situé entre **PK 30+710** et **PK 31+585** avec une longueur de **L=875m** et de pente **I=1.14%.**

Tableau VIII-5:Les caractéristiques des SBV concernées

SBV	Largeur (m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+BAU+BDG	14.5	2.5	**12687.5**
Berme	1	8	**875**
Talus de déblai	9.5	66.67	**8321.5**

- **Coefficient de ruissellement (C) :**

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

Tableau VIII-6:coefficients de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.8 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.1 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.00 à 0.20	0.20

Temps de concentration :

Les surfaces des bassins versant sont inférieures à 5 Km^2 donc la formule de **VENTURA**

$$Tc=0.127\times\sqrt{\frac{A}{P}}$$

L'intensité de l'averse It :

$$I\ (\mathbf{10}) = \mathbf{a}\ (\mathbf{10})\ (\mathbf{Tc})^{-b}$$

$$\mathbf{a}\ (\mathbf{10}) = 21.05,\ b=0.7$$

Calcul de débit d'apport Qa :

Tableau VIII-7:Le débit équivalant des bassin versants

SBV	A(Km^2)	C	P (%)	Tc(heure)	It(mm/h)	Q (m^3/s)
Chaussée+BAU+BDG	0.0126875	0.95	2.5	0.165	74.304	0.24
Berme	0.875×10^{-3}	0.4	8	0.024	286.48	0.028
Talus de déblai	8.3215×10^{-3}	0.3	66.67	0.026	270.87	0.18
Le débit total en (m^3/s)						**0.448**

On a :

$Qa=Qs=K.Sm.I^{1/2}.R_H^{2/3}$

Avec :

- K=70 b =0.50 (m)

- n = 2/3(pente du talus).
- I=0.5% (Pente longitudinal de la fosse).
- Le rayon hydraulique : Rh=Sm/Pm=$\frac{h.(b+m.h)}{b+2h.\sqrt{1+m^2}}$

Qa=Qs=k×$I^{1/2}$× [$\frac{h.(b+m.h)}{b+2h.\sqrt{1+m^2}}$]× h.(b+m.h)

On pose : b=0.5m et pour angle de 45° donc : m=1

Pour la pente hydraulique du fossé « I » on a : I=1.14%

Donc on obtient la formule suivante :

$$\mathbf{H= \left[\frac{Qa}{K.0.5.\sqrt{I}}\right]^{3/5}\times\frac{\left[1+2\sqrt{2}\times\frac{H}{0.5}\right]}{1+\frac{H}{0.5}}}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé : h=0.23

Pour raison de sécurités et d'exécution sur chantier, nous optons pour un fossé standard :(b=50cm, h=50cm)

D'après le calcule itératif on obtient les résultats suivants :

Tableau VIII-8:Le dimensionnements de faussée

h	b	m	Sm	Pm	Rh	Ks	I	Qs
0.5	0.5	1.5	0.625	2.30	0.271	70	0.005	1.73

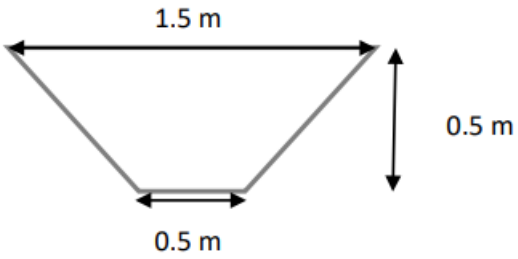


Figure VIII-5:dimensionnement de faussée pour notre projet

IX. CONCEPTION D'ECHANGEUR

IX.1 INTRODUCTION

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.

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.

Le but d'un échangeur est d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.

IX.2 REGLES DE CONCEPTION

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

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

IX.3 CONSTITUONTS DES ECHANGEURS

Tout échangeur se compose :

- ✓ D'un pont (passage supérieur ou inférieur).
- ✓ Des rampes (d'accès ou de sortie).
- ✓ Des carrefours plans (pour notre type d'échangeur).

IX.3.1 Ouvrages d'art :

Le fait qu'en parle d'échangeur (qui n'est d'autre qu'un carrefour dénivelé) implique impérativement une dénivellation de courant qui est assuré par passage supérieur. Ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigné pont. On peut déterminer le nombre des ouvrages (ponts) en fonctions des paramètres suivants :

- Le type d'échangeur à implanter.
- Les contraintes du site d'implantation.
- Les conditions de coordinations profil en long- trace en plan.

- Les conditions de réglementations et de conception.

IX.3.2 Carrefour plan :

Leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité, commodité et débits, un compromis entre ces conditions doit être recherché

IX.3.3 Les bretelles :

Ce sont des voies d'échange d'une voie à une autre, terminées à une de ces extrémités par une voie d'accélération et l'autre par une voie de décélération comportant une section de manouvre et une section de décélération ou d'accélération proprement dite.

- **Type de bretelle :**

Il y a trois types de brettelles, leurs combinaisons nous donnent plusieurs types d'échangeurs et leurs utilisations et en fonction du débit qu'elles vont l'écouler

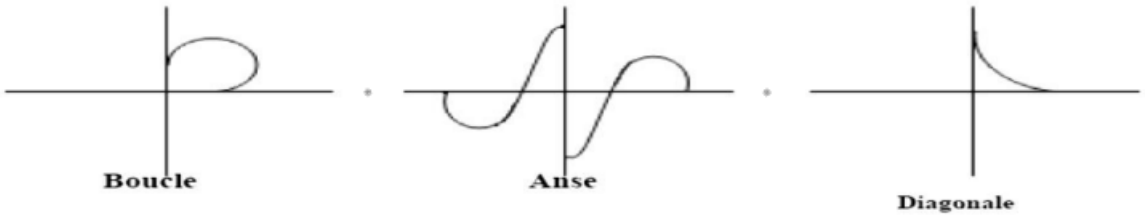


Figure IX-1:différents types des bretelles

IX.4 TYPE DES ECHANGEURS

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la composition du trafic, la vitesse. Selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

IX.4.1 Echangeur majeur :

L'échangeur majeur raccorde autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

IX.4.2 Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement sont :

Losange :

Ce type comporte quatre diagonales unidirectionnelles et un carrefour à niveau sur la voie secondaire ; l'échangeur du type losange est le type d'échangeur le plus classique, il permet une distribution symétrique des échanges, mais nécessite une emprise dans les 4 quadrants et crée des cisaillements sur la route secondaire.

Demi-trèfle : Il comporte deux diagonales et deux boucles, constituent des variantes utilisées lorsqu'il existe des contraintes dans les « quadrants » de l'échangeur, généralement on a deux types de demi-trèfles :

-Demi-trèfle symétrique « à quadrant contigus » : emprise plus réduite, mais échanges dissymétriques

-Demi-trèfle asymétrique « à quadrant opposé » : seulement si les emprises interdisent le précédent, un sens de la route secondaire st très privilégie, ce qui est rarement utile.

Trompette :

D'usage exceptionnel par exemple raccordement à une route importante parallèle à l'autoroute. L'échangeur du type « trompette » présente la particularité de regrouper l'entrée et la sortie de la voie principale sur une bretelle unique : il est particulièrement adapté aux échangeurs des autoroutes à péage.

Trompette :

Cette configuration a un seul avantage par rapport au demi – trèfle et losange. C'est qu'elle assure un mouvement libre dans toutes les directions.

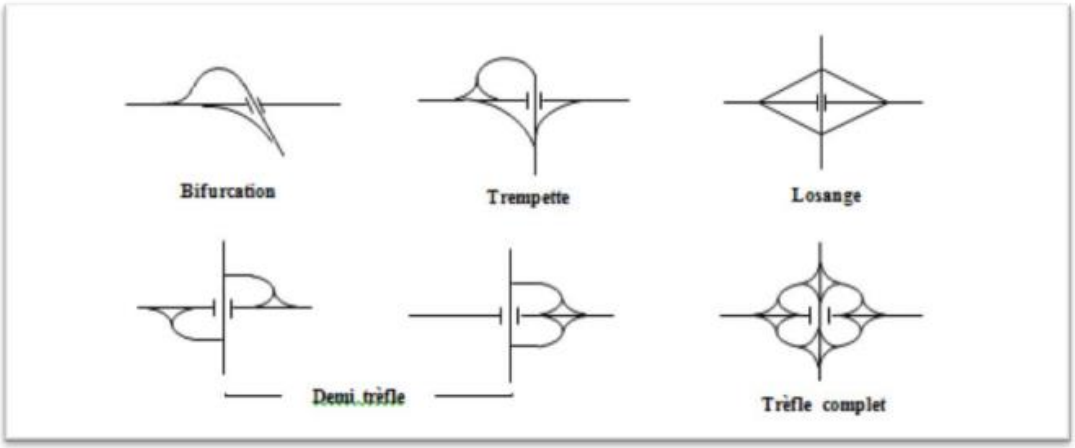


Figure IX-2:les différents types de l'échangeur

IX.5 CHOIX DE L'ECHANGEUR

Pour notre projet l'échangeur va relier la rocade autoroutière (2×3voies) avec CW17, donc l'échangeur sera du type diffuseur, avec une géométrie de type demi-trèfle.

IX.5.1 Présentation du site d'implantation de l'échangeur :

Le site d'implantation de l'échangeur se situe à l'intersection entre la pénétrante de Batna et CW17 au PK22+336.120 kilomètres.

Le terrain devant recevoir le futur échangeur est un terrain agricole plat avec une faible pente.

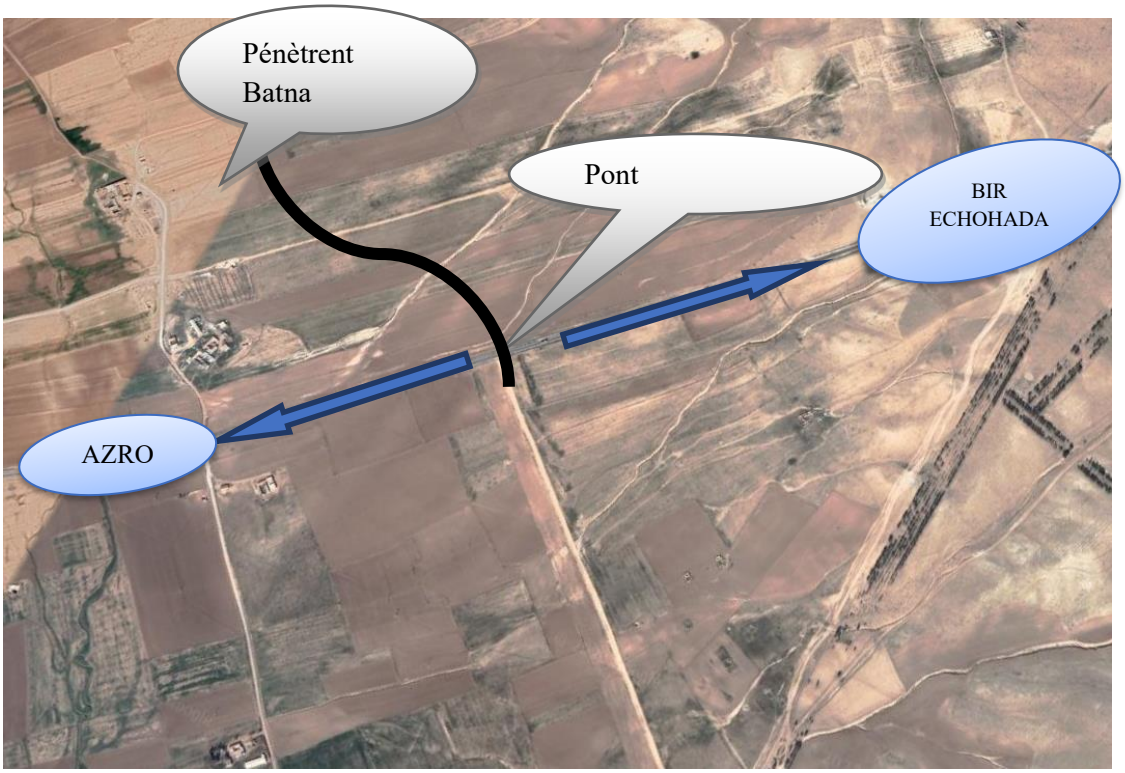


Figure IX-3:le site de l'échangeur

IX.5.2 Types de routes à raccorder

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la pénétrante de Batna et CW17.

- ✓ La pénétrante de Batna a un profil de 2×3 vois de 10.5m avec un accotement de 3m et un TPC de 1.5m
- ✓ CW 17 a un profil de 1×2 vois de 7m

IX.5.3 Les avantages de notre échangeur :

- Bonne géométrie.
- Bonne fluidité de circulation.
- Bonne visibilité.

IX.5.4 Les inconvénients :

- Le cout est un peu plus élevé.
- Application des normes un peu difficile.

IX.6 VALEURS LIMITES DES RAYONS

Par convention, un rayon en plan est mesuré par rapport au bord intérieur de la chaussée. Le rayon minimal est de 40 m. Mais, à l'exception des boucles, le rayon de la première courbe rencontrée en sortie doit être au moins de 105 m. En boucle, il n'est pas conseillé de recourir à des rayons excédant 60 m. Le rayon minimal non déversé (Rnd) est de 280 m.

IX.7 LA ZONE D'ACCELERATION

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- ✓ Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ;
- ✓ Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s2

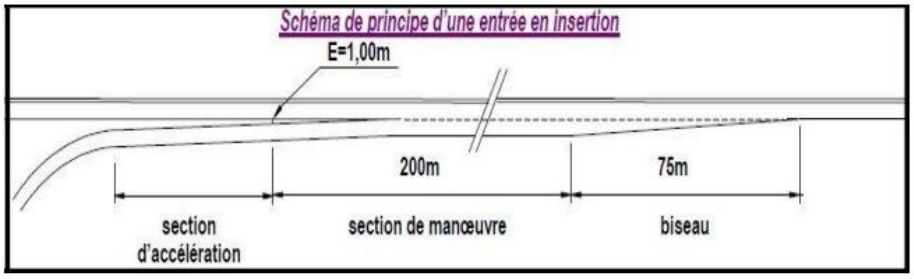


Figure IX-4:la zone d'accélération

IX.8 La zone de décélération

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s2 ;
- ✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ;
- ✓ Un biseau long de 75 m.

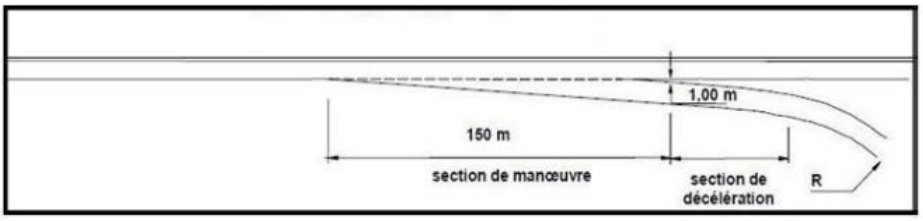


Figure IX-5:la zone de décélération

IX.9 Condition de visibilité :

IX.9.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

Distance d'arrêt : da= distance de freinage + distance de perception/réaction

$$da=2V2/2V(\Upsilon(U+p))\Upsilon$$

Avec :

- V en m/s.
- γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance

de freinage est majorée de 25%

IX.9.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :

Distance de manœuvre de sortie dms :

Qui permet de définir également les changements de files en section courante :

$$Dms=6 \quad (V \text{ en m/s})$$

IX.10 Profil en long d'une bretelle :

Tableau IX-1:Les valeurs limites des paramètres du profil en long

Déclivité maximale	6 %
Rayon minimal en angle saillant	1 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m

IX.11 Profil en travers d'une bretelle :

Tableau IX-2:Les largeurs des composantes du profil en travers

Chaussée	Unidirectionnelle	3,50 m+S
	Bidirectionnelle	7,00 m+ S
B.D.D.		1,00 m
B.D.G.		0,50 m

IX.12 Pente transversale d'une bretelle :

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau IX-3:Les valeurs limites des paramètres du profil en long

Elément	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon ≥ Rnd	$300 \leq R < \infty$	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé R < Rnd	100 < R < 300	Variation en 1/R entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	R ≤ 100 m	7 %

IX.13 APPLICATION AU PROJET :

Echangeur trèfle complet (BIR ECHOUHADA ; PK : 22+336.120 KMS)

La longueur de la voie d'insertion L=270m

La longueur de la voie décélération L=170m

Rayon des bretelles R=100m

Rayon des boucles R= 60m

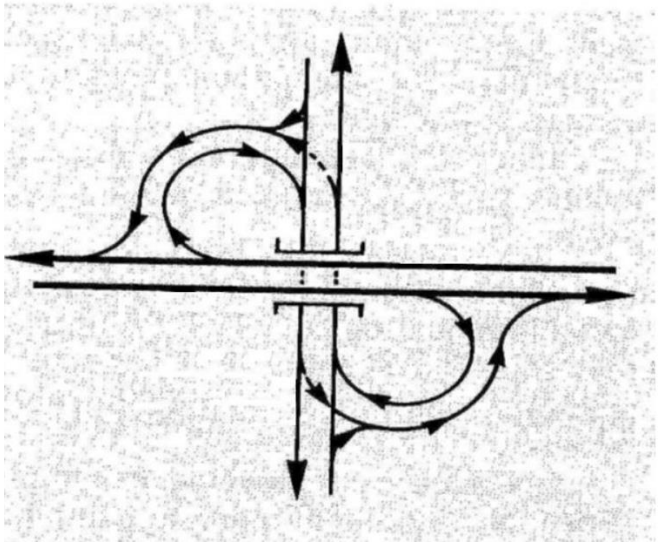


Figure IX-6:Demi-trèfle à quadrants opposés

X. L’impact sur l’environnement

X.1 Introduction :

La construction d'un aménagement routier est une tâche délicate à accomplir et est perçue aujourd'hui comme étant une action susceptible de porter atteinte à l'environnement. En effet l'extraction de matériaux, les déboisements, l'utilisation des ressources en eau et l'émission de bruits engendrés par ce type de projets sont des actions qui peuvent altérer la qualité des paysages ainsi que les ressources naturelles.

L'effort technologique vise à maîtriser c'est connaître, contrôler et minimiser les différents impacts dus à ce type d'aménagement, qu'il s'agisse de la protection des eaux, de la protection contre le bruit, ou de la conservation de la flore et de la faune.

X.2 CADRE JURIDIQUE :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Délimitation de la zone d'étude.
- Une analyse détaillée du projet.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

X.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACTS :

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

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

X.4 IMPACT SUR L'AGRICULTURE :

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné. C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention.

L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré construction, de construction, et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

Cette tâche comprendra :

- L'identification des impacts directs et indirects sur le milieu naturel et le milieu créé afin de définir les mesures de limitation nécessaires.
- L'évaluation quantitative et/ou qualitative de ces effets afin de définir la gravité des impacts et le niveau de priorité à donner aux mesures correspondantes.

La réalisation de cette autoroute, engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

X.5 Impact sur le cadre humain :

Ces effets sont :

- Une perturbation temporaire des habitudes de vie des résidents à proximité du projet.
- Pour la santé publique et la sécurité, on a un risque d'accidents routiers engendrés par la circulation de la machinerie pendant la phase de construction, et par les véhicules pendant la phase d'exploitation.
- Pour le niveau sonore, les propriétés qui se trouvent aux bords de 100 m de la route sont touchées par le bruit qui dépend du trafic.
- La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.

X.6 Impacts positifs du projet :

X.6.1 Impacts positives directs :

- L'amélioration de la sécurité routière : le transfert de trafic des routes nationales vers des autoroutes qui présentent de meilleures caractéristiques géométriques moins accidentelles implique sûrement l'amélioration de la sécurité routière.
- L'amélioration des conditions de circulation : surtout la réduction des nuisances (pollution de l'air et bruit) du fait du report d'une partie du trafic des routes nationales vers l'autoroute et la mise en fonctionnement de ses voies de contournement des principales villes.

X.6.2 Impacts Positives indirect :

- La création de nouveaux emplois : L'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute).
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

X.7 Les impacts négatifs :

X.7.1 Impact sur le paysage :

Défiguration du paysage causé par le passage de la voie

X.7.2 Impact sur Les ressources en eau :

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entrainants parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et La pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes.

X.7.3 L'air :

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus, ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant.la circulation routière est la principale source de CO et contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines.

X.7.4 Impact sur La faune :

Au niveau des animaux, leur contamination par les métaux lourds accumulés dans la végétation des abords routiers, constitue le principal impact négatif important relié à la pollution générée par le transport routier, le bruit et la lumière artificielle affectent également certaines formes de vie sauvage. Le premier, réduit les populations d'oiseaux vivant dans les abords routiers et crée des perturbations comportementales et la seconde contribue à étendre la durée de la reproduction chez certaines espèces Précisons, également qu'une grande partie des collisions des animaux sauvages contre les véhicules est causée par la lumière des phares.

X.7.5 Impact sur La flore :

Le projet aura un impact sur la végétation car il y a des espèces végétales sensibles ou protégés dans la zone du projet.

- Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement ;
- Désorganisation du territoire agricole ;
- Diminution du couvert végétal.

X.7.6 Impact sur le sol :

D'une façon générale, les impacts seront liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais). L'effet notable sera l'apparition du phénomène d'érosion mécanique par les eaux pluviales et donc nécessité d'une végétation et de mise en place d'un réseau de cunettes et de descentes d'eau.

X.8 Impact sur les habitants :

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

- La destruction
- La pollution
- Le bruit

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

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

Tableau X-1:Valeurs limites des émissions sonores à respecter

Type d'équipement	A une distance de 100m de la base vie
Emissions sonores intermittent (par exemple : fonctionnement d'une soupape de sécurité, démarrage, arrêt)	110
Zones fréquentées a 1m de distance des équipements et à de 1.5m de hauteur	85
Base vie	50
A une distance de 100m de la base vie	65

X.9 La destruction :

Les projets d'aménagement routier nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés. Les impacts de destruction concernant :

- Les populations situées sur l'emprise du projet, et qui seront obligés de se déplacer.
- Les populations situées au périmètre d'accueil. Ces impacts sont d'ordre :
- Economique : modification des systèmes de production.
- Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

X.10 Le bruit :

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

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

Pollution atmosphérique :

Phase de chantier :

À ce stade la pollution de l'aire est temporaire due essentiellement aux différents polluants des engins de chantier et des émissions de poussière.

Phase d'exploitation :

Une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques.

X.11 Les mesures réductrices et compensatoires pour les impacts :

- Etanchéifiassions des fossés. Construction de bassins de traitement des eaux de chaussée
- Installation des clôtures. Construction des chemins.
- Réduction de la vitesse. Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.
- La législation a aussi modifié les niveaux sonores maximum d'un véhicule. Les évolutions réglementaires et techniques ont permis de diminuer considérablement les bruits des moteurs.
- Rétablissement des réseaux d'irrigation ou de drainage.
- Plantation des abords et aménagements esthétiques Traitement architectural des ouvrages d'art.
- Le terrain de stockage doit être nettoyé, pas trop humide (pour éviter le manque d'oxygène), et pas trop accidenté.
- Zones de dépôts provisoires, installations annexes et aires de stockage, proscrites dans les sites sensibles (forets de Doum, des Righas, zone alluviale des oueds…) ; Défrichements et déboisements limités au strict nécessaire ; pendant les Terrassements, les surfaces d'emprises seront limitées au strict nécessaire et la végétation sera préservée autant que possible.

X.12 Conclusion :

Le projet a une taille modérée certes, mais vu sa localisation dans une région très sensible à l'environnement et les incidences environnementales difficilement maîtrisables ; nous recommandons aux autorités concernées de mettre un accent particulier sur l'évaluation des conditions environnementales menée pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

XI. SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1 INTRODUCTION

Parmi, les principales composantes de l'environnement routier, on trouve la signalisation. Cette dernière fait partie intégrante du paysage routier, elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route.

XI.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sure 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.

XI.3 CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS

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

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.

XI.4 CATÉGORIES DE SIGNALISATION

On a beaucoup des catégories de signalisation. On distingue :

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

XI.5 TYPE DE SINGALISATION

On distingue deux familles de singalisation :

- Singalisation horizontale
- Singalisation verticale

XI.5.1 Singalisation 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 deux types qui sont : **lignes longitudinales, lignes transversales.**

On a même des autres signalisations on peut les émulsionner comme suite :

- **Les flèches de rabattements :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **Les flèches de sélection**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

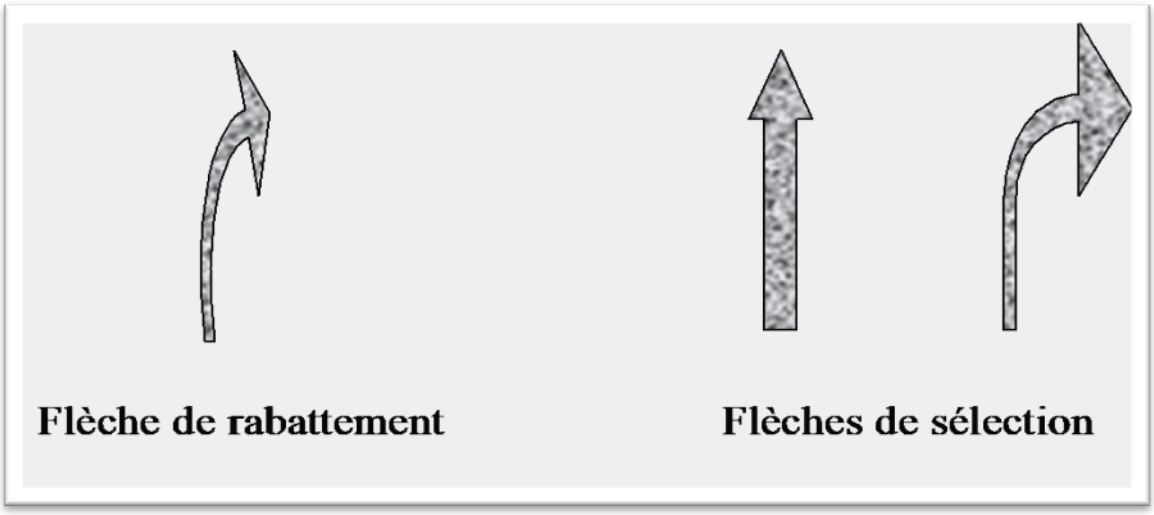


Figure XI-1:fleche de rabattement et flèche de sélection

- **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

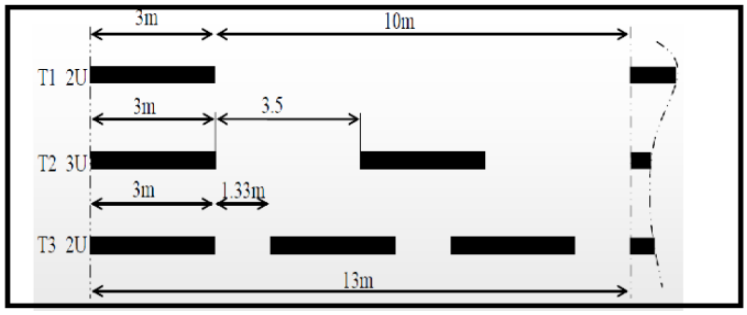


Figure XI-2:type de modulation

XI.5.2 Signalisations verticales

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- **Signalisation avancée**

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signale B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

- **Signalisation de position**

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

- **Signalisation de direction**

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

XI.6 APPLICATION AU PROJET

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

- 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 type D.
- Panneaux de signalisation type E.



Figure XI-3:limitation de vitesse

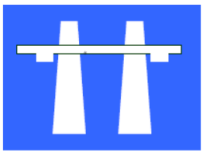


Figure XI-4:entre de l'autoroute



Figure XI-5:cedez le passage

XI.7 ECLAIRAGE

XI.7.1 Introduction :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est –à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours etc.)

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

XI.7.2 Classe d'éclairage :

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- **Classe A :** éclairage général d'une route ou autoroute
- **Classe B :** éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- **Classe C :** éclairage des voies dessertes.
- **Classe D :** éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé.

XI.7.3 Eclairage d'un point signaleur :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère

XI.7.4 Paramètres de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- Le porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

XI.8 APPLICATION AU PROJET

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler en nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points

- **Eclairage de la voie (le long de projet) :**

Les lampadaires sont implantés dans l'accotement avec un foyer porté par un support de 12m de hauteur, éclairant la chaussée, espacés de 30 m

- **Pour la pénétrante :**

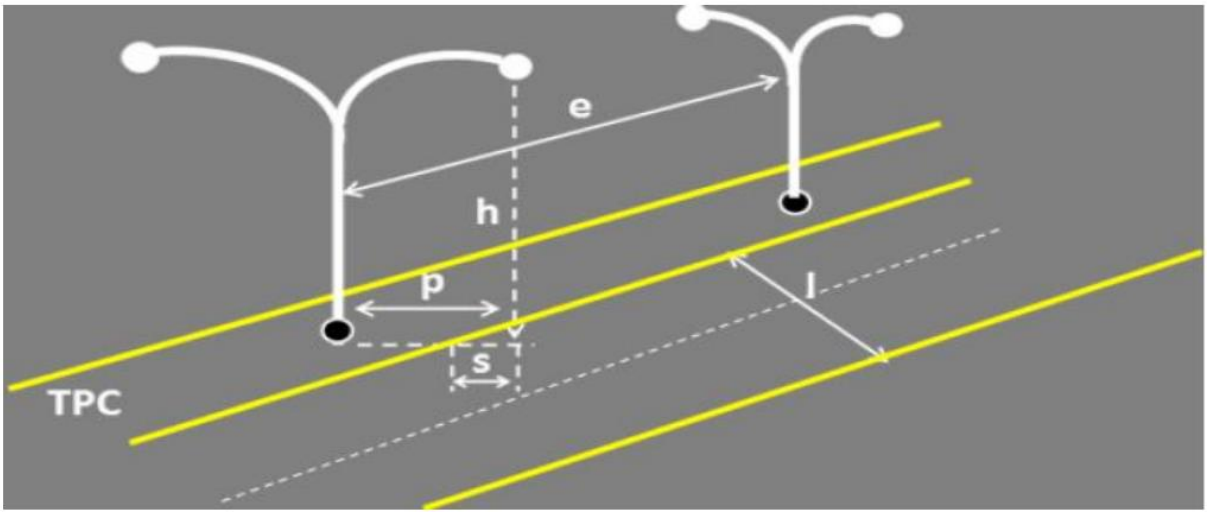


Figure XI-6:éclairage composé

- **Pour les bretelles de l'échangeur :**

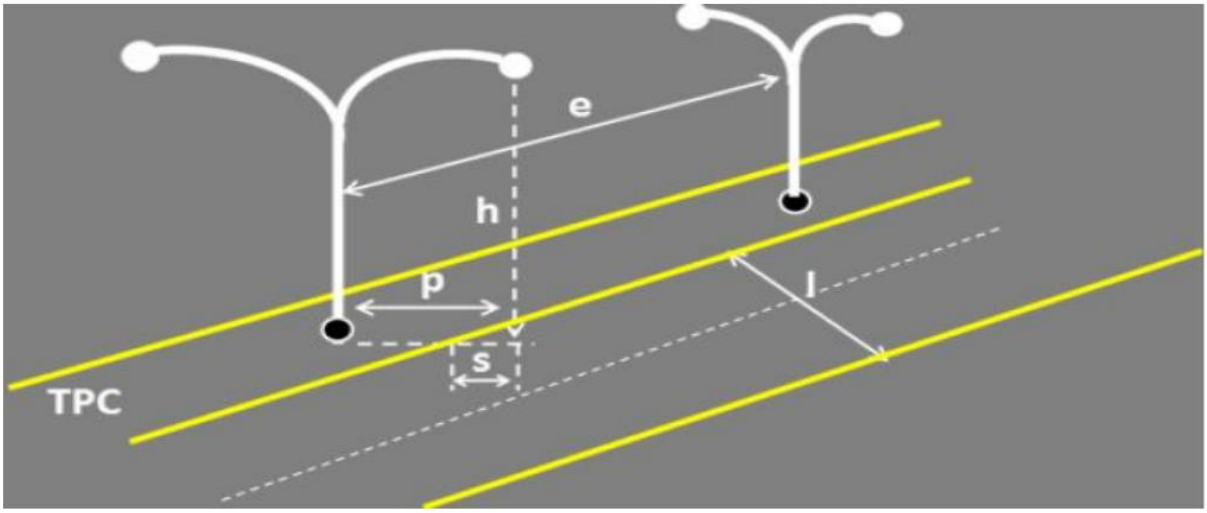


Figure XI-7:éclairage simple

XI.9 CONCLUSION

Le présent chapitre se veut une contribution à l'ensemble de connaissances sur la sécurité routière. Il est à souhaiter qu'il inspire, favorisera une coopération et une innovation accrues et incitera à s'investir davantage dans la prévention des accidents de la circulation dans notre projet.

Les accidents de la circulation sont prévisibles, ce qui veut aussi dire qu'il est possible de les prévenir.

XII. DEVIS ESTIMATIFS

XII. DEVIS ESTIMATIFS

POUR LE DEVIS :

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix totale
1-Opération préliminaire				
Installation du chantier	Forfait	(2+3+4)	3%	80117147.66
2-Travaux de préparation				
Préparation du terrain	m²	419046.1	1200	502855320
3-Terrassements				
Décapage de terre végétale sur 20 cm	m^3	125962.3	500	62981150
Déblais mis en remblai y compris la mise en œuvre	m^3	314334.375	1200	377201250
Déblais mis en dépôts définitif)	m^3	104,778.13	300	31433437.5
Remblai d'emprunt y compris transport et mise en œuvre	m^3	152321	950	144704950
TOTAL				616320788
4-Chaussée				
Couche de roulement en béton BB(2,4g/cm3)	m^3	17932.3	8500	152424550
Couche de base+fondation en grave bitume GB (2,2g/cm3)	m^3	30290.2	5000	151451000
Mise en œuvre d'une couche de forme sur épaisseur de 60cm en TUF	m^3	35859.6	2000	71719200
Couche d'imprégnation 800 à 1500 g/m²	T	51885.75	150	7782862.5
Couche d'accrochage 200 à 300 m²	T	10377.15	100	1037715
TOTAL				384415328
5-Assainissement				
Dalot	m^3	690.496	40000	27619840
Les cunettes - descente d'eau	ML	180	5000	900000
Fossé en terre	ML	3566.2158	120	427945.896
Fossés trapézoïdale en béton	ML	7449.7	5000	37248500

XII. DEVIS ESTIMATIFS

TOTAL				66196285.9
6-Signalisation				
Ligne discontinué T4 3U (BAU)	ML	12132	120	1455840
Ligne discontinué T1 2U (entre les voies)	ML	13132	100	1313200
Ligne continue	ML	23351	50	1167550
Signalisation verticale type A	U	16	6500	104000
Signalisation verticale type B	U	18	8500	153000
Signalisation verticale type C	U	12	9000	108000
Signalisation verticale type D	U	4	9000	36000
Signalisation verticale type E	U	14	13500	189000
TOTAL				4422590
7- Divers				
Glissière de sécurité en béton	ML	23351	7500	175132500
Protection des conduites des GAZ	U	3.5	30000	105000
Déplacement des poteaux électrique	U	5	400000	2000000
TOTAL				177237500
9-Impacte sur l'environnement	Forfait	3+4+5	1%	10669324.01
10-Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	3+4+5	2%	21338648.02
TOTAL (HT)				1,863,572,931
TVA 19%		19%		354078856.8
TOTAL EN TTC				2,217,651,787

Deux milliards deux cent dix-sept millions six cent cinquante et un mille sept cent quatre-vingt-sept

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

- ICTTAL : INSTRUCTION SUR LES CONDITON TECHNIQUES D'AMINAGEMENT DES AUTOROUTES LIAISON 2000
- Catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des travaux publics « CTTP » 2001
- Guide de terrassement routier GTR SETRA 1994
- Cours ENSTP 1er et 2eme année de route Mr KARA
- Cours ENSTP 2eme année Mr HAMADI
- Cours ENSTP 2emeannée Me DERRICHE
- Cours ENSTP 1er et 2eme année Mr REHMANI
- LTPE : LABORATOIRE DES TRAVEAUX PUBLICS EST
- Thèse route des années passées : RAHMOUNI KHIREDDINE, étude en APD du dédoublement de la RN16 section du PK 40+00 au PK 49+100 avec conception d'un échangeur et deux carrefours giratoire, Encadré par Mr KARA ENSTP 2021
- Site web : wikipedia.com
- Site web: genie-civile.blogspot.com

ANNEXE

ANNEXE GEOMETRIQUE

AXE EN PLAN:

Axe En Plan

Axe : Axe01
Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	349.41gr	1601.383	22260.000	16410.884	2096.524
Arc 1	Rayon	-6949.912 m	526.166	23861.383	15268.116	3218.356
	Centre X	20136.806 m				
	Centre Y	8177.906 m				
Droite 2	Gisement	354.23gr	1675.164	24387.548	14906.942	3600.811
Clothoïde 1	Paramètre	400.000	133.333	26062.712	13803.707	4861.385
Arc 2	Rayon	1200.000 m	490.687	26196.046	13714.066	4960.063
	Centre X	12856.332 m				
	Centre Y	4120.841 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-400.000	133.333	26686.733	13309.672	5231.914
Droite 3	Gisement	321.13gr	727.185	26820.066	13184.456	5277.673
Arc 3	Rayon	-45455.747 m	3149.532	27547.251	12496.944	5514.581
	Centre X	27305.872 m				
	Centre Y	48490.395 m				
Droite 4	Gisement	325.54gr	226.071	30696.783	9557.157	6642.957
Arc 4	Rayon	-5630.908 m	1659.805	30922.854	9349.031	6731.229
	Centre X	11547.683 m				
	Centre Y	11915.152 m				
Droite 5	Gisement	344.30gr	486.873	32582.659	7937.843	7593.557
				33069.532	7564.178	7905.680
Longueur totale de l'axe 10809.532 mètre(s)						

PROFILE EN LONG :

Profil En Long Projet

Axe : Axe01
Table courante : ICTAAL L1

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.86 %	683.612	22260.000	832.200
Parabole 1	Rayon	-13000.000 m	298.666	22943.612	838.100
	Sommet Absc.	23055.801 m			
	Sommet Alt.	838.584 m			
Pente 2	Pente	-1.43 %	50.882	23242.278	837.247
Parabole 2	Rayon	10000.000 m	200.200	23293.159	836.517
	Sommet Absc.	23436.603 m			
	Sommet Alt.	835.488 m			
Pente 3	Pente	0.57 %	844.637	23493.359	835.649
Parabole 3	Rayon	-40000.000 m	585.449	24337.995	840.443
	Sommet Absc.	24565.020 m			
	Sommet Alt.	841.087 m			
Pente 4	Pente	-0.90 %	183.712	24923.444	839.481
Parabole 4	Rayon	8000.000 m	187.719	25107.156	837.835
	Sommet Absc.	25178.841 m			
	Sommet Alt.	837.514 m			

Pente 5	Pente	1.45 %	503.556	25294.875	838.355
Parabole 5	Rayon	-15000.000 m	74.715	25798.431	845.659
	Sommet Absc.	26015.995 m			
	Sommet Alt.	847.237 m			
Pente 6	Pente	0.95 %	403.492	25873.145	846.557
Parabole 6	Rayon	-13000.000 m	328.643	26276.638	850.399
	Sommet Absc.	26400.441 m			
	Sommet Alt.	850.989 m			
Pente 7	Pente	-1.58 %	145.288	26605.281	849.375
Parabole 7	Rayon	4500.000 m	192.175	26750.568	847.086
	Sommet Absc.	26821.474 m			
	Sommet Alt.	846.527 m			
Pente 8	Pente	2.69 %	77.306	26942.743	848.161
Parabole 8	Rayon	-12600.000 m	645.284	27020.050	850.244
	Sommet Absc.	27359.604 m			
	Sommet Alt.	854.820 m			
Pente 9	Pente	-2.43 %	68.660	27665.334	851.110
Parabole 9	Rayon	4500.000 m	193.182	27733.994	849.444
	Sommet Absc.	27843.184 m			
	Sommet Alt.	848.120 m			
Pente 10	Pente	1.87 %	237.982	27927.176	848.904
Parabole 10	Rayon	-15000.000 m	422.811	28165.158	853.346
	Sommet Absc.	28445.133 m			
	Sommet Alt.	855.958 m			
Pente 11	Pente	-0.95 %	281.488	28587.969	855.278
Parabole 11	Rayon	5000.000 m	115.373	28869.457	852.598
	Sommet Absc.	28917.069 m			
	Sommet Alt.	852.371 m			
Pente 12	Pente	1.36 %	89.339	28984.830	852.830
Parabole 12	Rayon	-60000.000 m	1494.414	29074.169	854.041
	Sommet Absc.	29887.302 m			
	Sommet Alt.	859.551 m			
Pente 13	Pente	-1.14 %	425.573	30568.583	855.683

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Parabole 13	Rayon	6000.000 m	156.393	30994.156	850.851
	Sommet Absc.	31062.284 m			
	Sommet Alt.	850.464 m			
Pente 14	Pente	1.47 %	796.550	31150.549	851.113
Parabole 14	Rayon	-13000.000 m	289.664	31947.099	862.831
	Sommet Absc.	32138.341 m			
	Sommet Alt.	864.238 m			
Pente 15	Pente	-0.76 %	251.266	32236.763	863.865
Parabole 15	Rayon	5000.000 m	127.581	32488.030	861.963
	Sommet Absc.	32525.884 m			
	Sommet Alt.	861.820 m			
Pente 16	Pente	1.79 %	453.922	32615.611	862.625
				33069.532	870.771
Longueur totale de l'axe 10809.532 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10810.200 mètre(s)					

PROFILE EN TRAVERS :

- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **L'assiette** : C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et les crêtes en talus déblai.
- **La plateforme** : entre fossé ou crêtes des talus en remblais, comprend la chaussé et les accotements, éventuellement le terreplein central et bande d'arrêt.
- **La chaussée** : c'est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules.

- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **Bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tout obstacle, revêtu et se raccorde à la chaussée. Ça largeur selon ECTAAL 2000 est de 1 m.
- **Bande médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- **Bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence or chaussé d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue. Ça largeur selon ECTAAL2000 dépend de trafic de poids lourd. Lorsque ce dernier excède 2 000 v/j, La largeur de BAU doit être égale 3 m (TPL=3406 v/j/sens dans notre cas).
- **La berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (Barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.ca largeur selon ECTAAL2000 est de 1m

Annexe géotechnique

Tableau 1:description lithologique des puits de reconnaissance

Puits de Reconnaissance N°	PK	Profondeur (M)	Lithologie
PR 40	22+850	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre, légèrement humide.
PR 41	23+450	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, Légèrement humide.
PR 42	23+920	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, Légèrement humide.
PR 43	24+512	0.00 – 0.50	Terre végétale.
		0.50 – 2.00	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, graveleux, Légèrement humide.
PR 44	24+889	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.00	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, graveleux, légèrement Humide.
PR 45	25+470	0.00 – 0.60	Terre végétale.
		0.60 – 2.00	Argile limono sableuse, marron, compact.
PR 46	26+380	0.00 – 0.30	Terre végétale.
		0.30 – 2.50	Argile limono sableuse, rougeâtre, peu graveleuse, Légèrement humide à humide.
PR 47	27+050	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Argile limono sableuse, rougeâtre, peu graveleuse, Légèrement humide à humide.
PR 48	27+-600	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Argile limono sableuse, rougeâtre, légèrement humide.
PR 49	28+220	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Argile limono sableuse, jaunâtre à rougeâtre, graveleuse, Légèrement humide.

Annexe géotechnique

Puits de Reconnaissance N°	PK	Profondeur (M)	Lithologie
PR 50	28+600	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre, légèrement humide.
PR 51	28+950	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, Légèrement humide.
PR 52	30+100	0.00 – 0.10	Terre végétale.
		0.10 – 2.50	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, Légèrement humide.
PR 53	30+300	0.00 – 0.50	Terre végétale.
		0.50 – 2.00	Limon peu argileux, jaunâtre à rougeâtre, graveleux, Légèrement humide.
PR 54	30+520	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.00	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, graveleux, légèrement Humide.
PR 55	30+879	0.00 – 0.60	Terre végétale.
		0.60 – 2.00	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, légèrement humide.
PR 56	31+500	0.00 – 0.30	Terre végétale.
		0.30 – 2.50	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, légèrement humide.
PR 57	32+100	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Limon argileux, jaunâtre à rougeâtre, peu graveleux, légèrement humide.
PR 58	32+250	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Limon argileux
PR 59	32+560	0.00 – 0.20	Terre végétale.
		0.20 – 2.50	Argile limono sableuse, légèrement humide.

Annexe géotechnique

LES ESSAIS EN LABORATOIRE :

- ✓ **Teneur en eau :**

Le teneur en eau exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit :

$$\omega = W_w / W_s$$

- **Principe de l'essai :** on utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.
- **But de l'essai :** le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certaine caractéristique physique des sols.

Le pourcentage de l'eau dans le sol, est un facteur important pour la classification de sol selon l'état hydrique.

- ✓ **Analyses granulométriques :**

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

- **Principe d'essai :** l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes
- **But de l'essai :** c'est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile).

- ✓ **Limites d'Atterberg :**

- ➢ **Limite de plasticité : (Wp)**

Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

- ➢ **Limite de liquidité (Wl) :**

Caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$Wl=W(n/25)^{0.121}$$

Avec :

- **W :** teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups
- **n :** nombre de coups

➢ **L'indice de plasticité (Ip) :**

$$Ip=Wl-Wp$$

✓ **Essai au bleu méthylène VBS :**

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par 100gramme de sol s'appelle « valeur au bleu » du sol et est notée **VBS**, la **VBS** reflète globalement :

➢ La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).

➢ L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

➢ **Essais mécaniques :**

✓ **Essai Proctor :**

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposer en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacter avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage

Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations.

✓ **Essai C.B.R (californien-bearing - ratio) :**

On réalise en général trois essais : **« CBR standard »**, **« CBR immédiat »**, **« CBR imbibé »**.

On s'intéresse actuellement au **« CBR imbibé »**

Principe de l'essai : on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau

optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule **CBR.**

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements

Annexe géotechnique

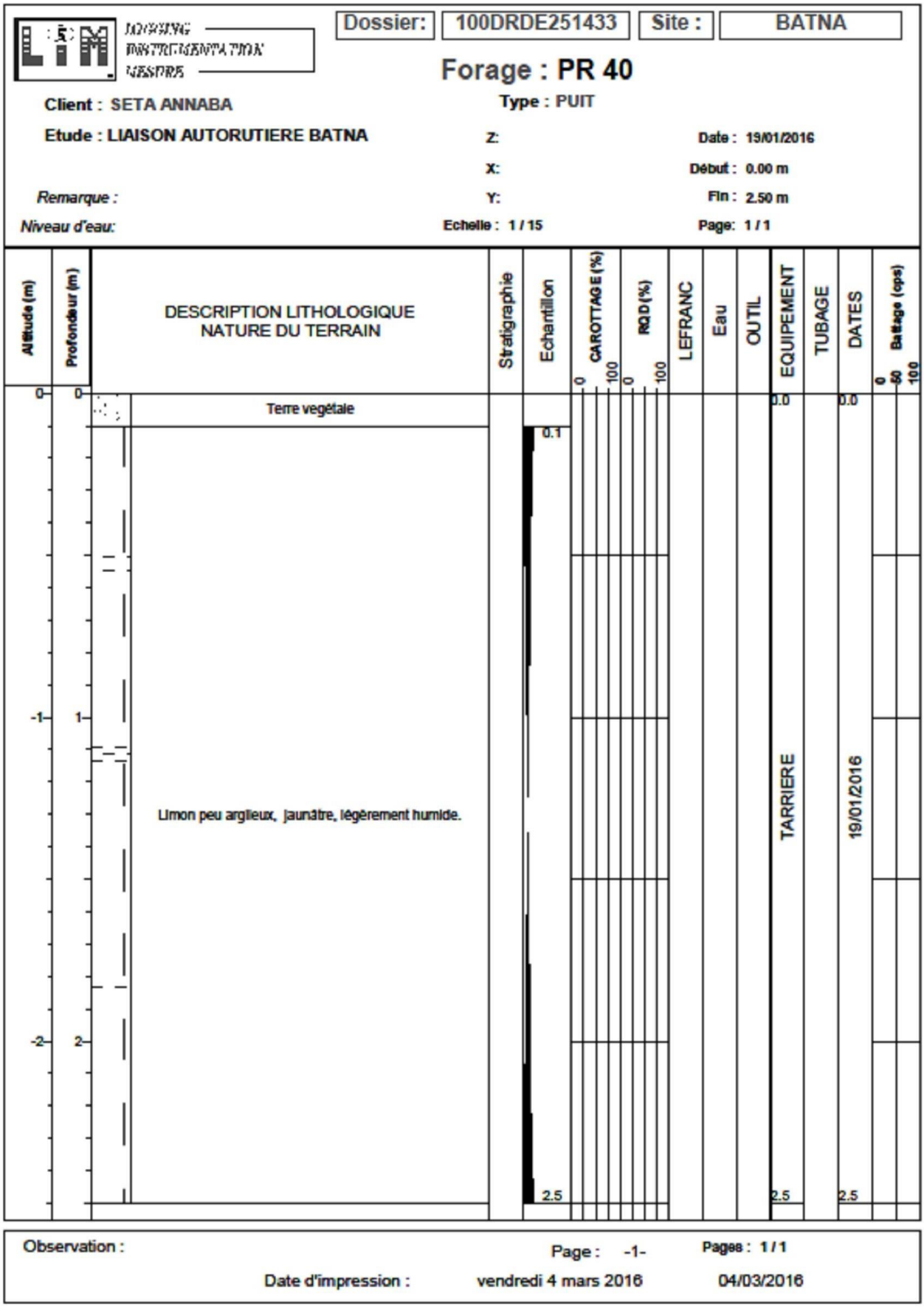
Puits N°	Profondeur (m)	W (%)	Granulométrie		Limites d'Atterberg				VBS
			%< (2mm)	%< (0.08mm)	WL (%)	WP (%)	IP	Ic	
PR 40	0.10-2.50	8.4	100	100	37.205	18.560	18.645	1.54	1.34
PR 41	0.10-2.50	14.6	97	80	36.733	16.975	19.758	1.12	2.30
PR 42	0.10-2.50	13.3	98	82	38.734	18.670	20.064	1.26	3.00
PR 43	0.50-2.00	13.0	95	71	33.431	16.695	16.736	1.22	2.29
PR 44	0.20-2.00	8.8	92	58	31.433	16.050	15.383	1.47	1.90
PR 45	0.60-2.00	14.6	100	91	45.479	23.480	21.999	1.40	3.39
PR 46	0.30-2.50	12.9	97	76	35.725	17.925	17.800	1.28	2.34
PR 47	0.20-2.50	15.3	98	89	37.951	18.605	19.346	1.17	1.99
PR 48	0.20-2.50	13.2	100	93	43.677	22.855	20.792	1.46	3.03
PR 49	0.20-2.50	11.7	93	74	37.761	17.935	19.826	1.31	2.64
PR 50	0.20-2.50	12.0	95	66	34.350	17.360	16.990	1.31	1.98
PR 51	0.20-2.00	8.7	75	41	33.865	17.075	16.790	1,49	1.74
PR 52	0.20-2.00	11.9	97	84	40.997	20.615	20.382	1,42	1.99
PR 53	0.20-2.00	8.9	81	51	32.239	17.650	14.589	1,59	1.45
PR 54	0.50-2.60	18.0	96	78	56.120	23.010	23.110	1,64	2.96
PR 55	0.10-2.00	9.6	94	78	32.799	16.740	16.059	1,44	2.26
PR 56	0.10-2.00	9.8	97	81	35.149	18.240	16.909	1,49	2.33
PR 57	0.20-2.50	15.0	95	61	39.110	20.665	18.445	1,30	1.98
PR 58	0.20-2.50	16.7	100	100	29.645	14.920	14.725	0,87	1.34
PR 59	0.10-2.00	22.1	100	100	44.429	23.270	21.159	1,05	1.40

Tableau 2:les résultats des essais fiasques

Tableau 3:les résultats des essais mécaniques

PUITS (N°)	PROFONDEUR (M)	Essai Proctor		CBR à 95%
		γd OPN (t/m3)	W OPN (%)	
PR 40	0.10-2.50	1.95	11.28	6.56
PR 41	0.10-2.50	1,87	11.90	5.11
PR 42	0.10-2.50	1.83	14.23	16.59
PR 43	0.50-2.00	1.90	12.31	9.02
PR 44	0.20-2.00	1.94	11.63	9.02
PR 45	0.60-2.00	1.75	16.34	5.39
PR 46	0.30-2.50	1.90	12.02	9.45
PR 47	0.20-2.50	1.83	13.90	5.93
PR 48	0.20-2.50	1.81	14.16	5.74
PR 49	0.20-2.50	1.87	10.47	4.79
PR 50	0.20-2.50	1.86	12.30	15.83
PR 51	0.20-2.00	1.88	12.23	15.83
PR 52	0.20-2.00	1.88	12.39	10.27
PR 53	0.20-2.00	1.92	12.58	17.52
PR 54	0.50-2.60	1.78	14.12	6.92
PR 55	0.10-2.00	1.97	9.64	4.08
PR 56	0.10-2.00	1.88	9.59	2.89
PR 57	0.20-2.50	1.84	10.59	6.12
PR 58	0.20-2.50	1.91	10.26	3.80
PR 59	0.10-2.00	1.86	12.30	4.34

Figure 1:Exemple de coup lithologique de PR40



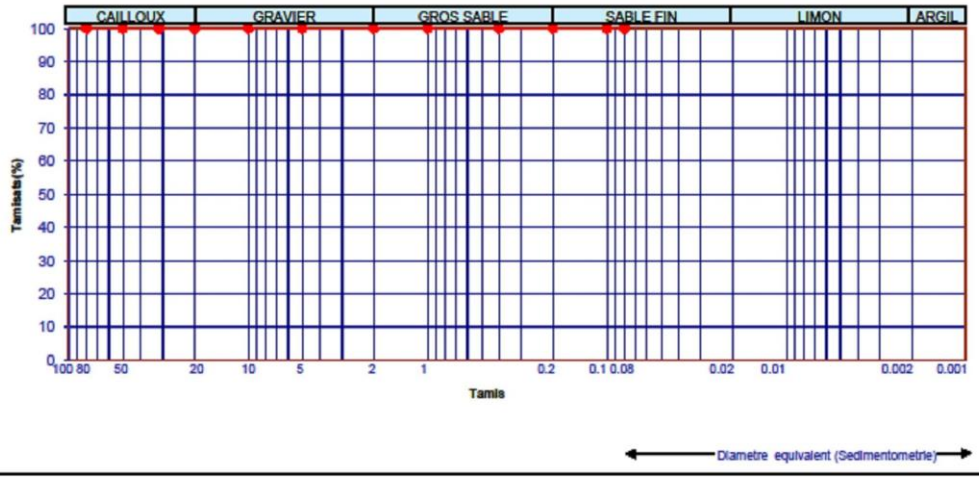
Annexe géotechnique

Analyse granulométrique de PR40 :

LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'EST
DIRECTION REGIONALE DE CONSTANTINE

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Dossier : DL/DE/RG/05/16/04
Provenance : Liaison Autoroutière Batna
Localisation : Batna Oum El Bouaghi
puits/sc : PR 40 profondeur : 0.10 - 2.50 m
Date : 31/01/2016
Opérateur : RAHMA
Normes :NF P94-056



Lite d'Atterberg de PR40 :

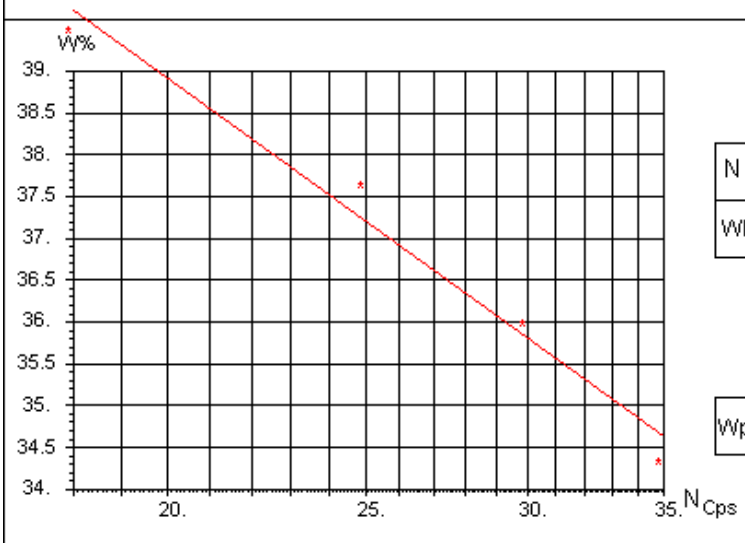
LIMITES D'ATTERBERG

Titre / Projet : Liaison Autoroutiere Batna /oum el bouaghi
Localisation/Chantier :
Essai N° * :
Date : 31/01/16
Dossier N° * : DL DE RG 05 16 04

Opérateur : Alouache
Norme : NFP 94 051
No de l'echantillon : PR40
Nature du sol : Limon argileux
Profondeur : 0.10-2.50m

Résultats

WL=37.205
WP=18.560
IP=18.645



Limite de liquidité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
N	18	25	30	35
Wl	39.48	37.62	35.96	34.3

Limite de plasticité

	Essai 1	Essai2	Essai3	Essai 4
Wp	18.63	18.49		

wl = a x Log (25) + b

Annexe géotechnique

L'essai Proctor pour PR40 :

E.P.E. LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'EST

Groupe LCTP-SGP-TP/SINTRA
Société par action au capital de 908 000 000.00 DA

Détermination des références de compactage

Réf :DL/DE/RG/05/16/04/08	**Norme Appliquée : NF P94-093 Octobre 1999**
Projet : Liaison Autoroutiere Batna - Oum el Bouaghi	
PUIT:N°: PR 40 - Prf (0.10 / 2.50)	**Date de réception de l'échantillon : 26/01/2016**
Zone de prélèvement:	**Date d'essai : 28/01/2016**

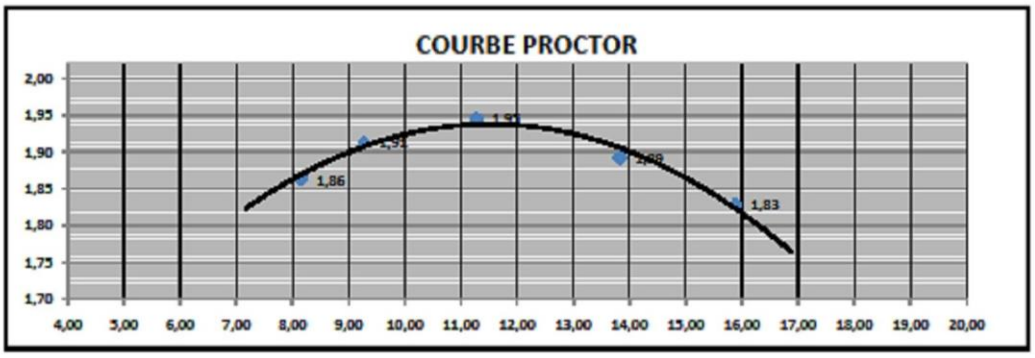
ESSAI PROCTOR		**ENERGIE** Normal □ Modifié x		**MOULE** Proctor □ CBR □	
Poids d'eau initial	8%	10%	12%	14%	16%
Poids Total humide	8725	8900	9070	9045	8965
Poids du moule	4080	4080	4080	4080	4080
Poids du sol humide	4645	4820	4990	4965	4885
Poids du sol sec	4295	4411	4484	4362	4215
Volume du moule	2305	2305	2305	2305	2305
masse volumique sèche en	1,86	1,91	1,95	1,89	1,83

N° de la tare	a	b	c	d	e
Poids total humide	88,70	154,40	163,40	188,30	131,60
Poids total sec	83,30	143,40	149,30	168,80	116,30
Poids de la tare	17,10	24,80	24,30	27,80	20,00
Poids de l'eau	5,40	11,00	14,10	19,50	15,30
Teneur en eau en %	8,16	9,27	11,28	13,83	15,89
Refus sur le tamis 20 mm (%)	0,00				2,65

Teneur en eau de compactage (%)	Teneur en eau après compactage (%)	Masse volumique sèche en (t/m³)
8	8,16	1,86
10	9,27	1,91
12	11,28	1,95
14	13,83	1,89
16	15,89	1,83
Teneur en eau corrigée		

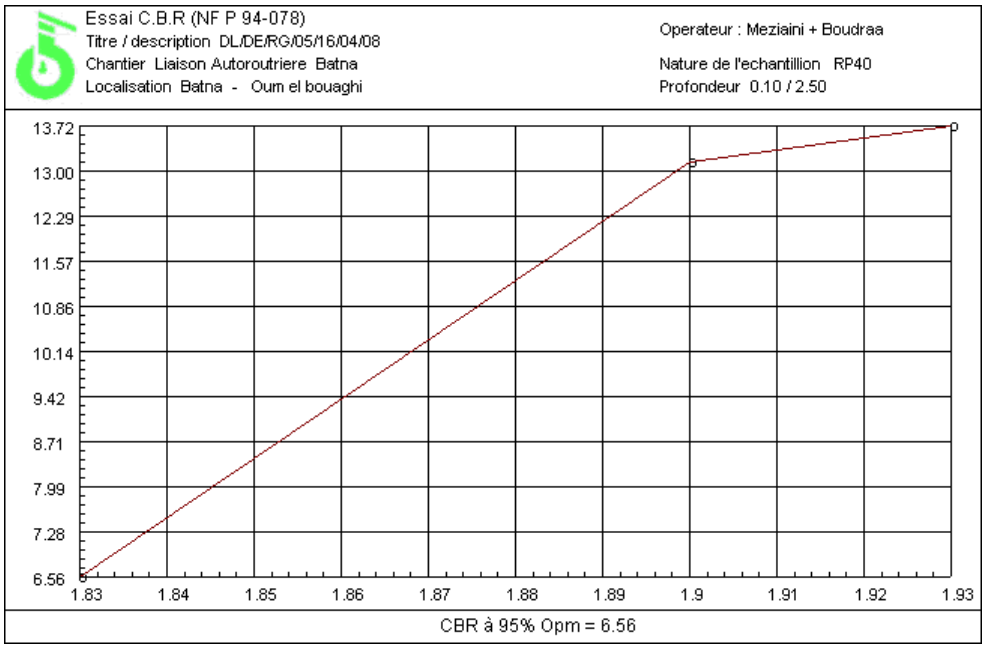
Références de compactage

ρ_d OPM (t/m³)	1,95
W OPM (%)	11,28
ρ'_d OPM (t/m³)	1,95
W' OPM (%)	11,28



Annexe géotechnique

Pour l'essai CBR au PR40 :



Les coupes lithologiques des sondages carottés de SC2 au PK 29+050





Annexe hydraulique

Tableau 1:resultats de Tc

N° de BV	Méthode de calcul	Tc (h)
BV01	Méthode de Ventura	0.66
BV02	Méthode de Ventura	0.67
BV03	Méthode de Ventura	0.44
BV04	Méthode de Ventura	0.58
BV05	Méthode de Ventura	1.17
BV06	Méthode de Ventura	0.739
BV07	Méthode de Ventura	0.881
BV08	Méthode de Ventura	0.634
BV09	Méthode de Ventura	0.731
BV10	Méthode de Ventura	0.739
BV11	Méthode de Ventura	0.949
BV12	Méthode de Giandotti	1.527
BV13	Méthode de Ventura	1.200
BV14	Méthode de Ventura	1.605
BV15	Méthode de Ventura	0.834
BV16	Méthode de Ventura	0.962
BV17	Méthode de Ventura	1.114
BV18	Méthode de Ventura	0.968