République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـدرســـــة الوطنيـــــة العليـــــا للأشغال العموميـــــة
فرنسيس جانسون

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

ÉTUDE EN APD D'UN TRONÇON AUTOROUTIER DE LA 4EME ROCADE D'ALGER SUR 11 KM DU PK 23+000 AU PK 34+000 AVEC LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR DE HENNACHA

Présenté par :

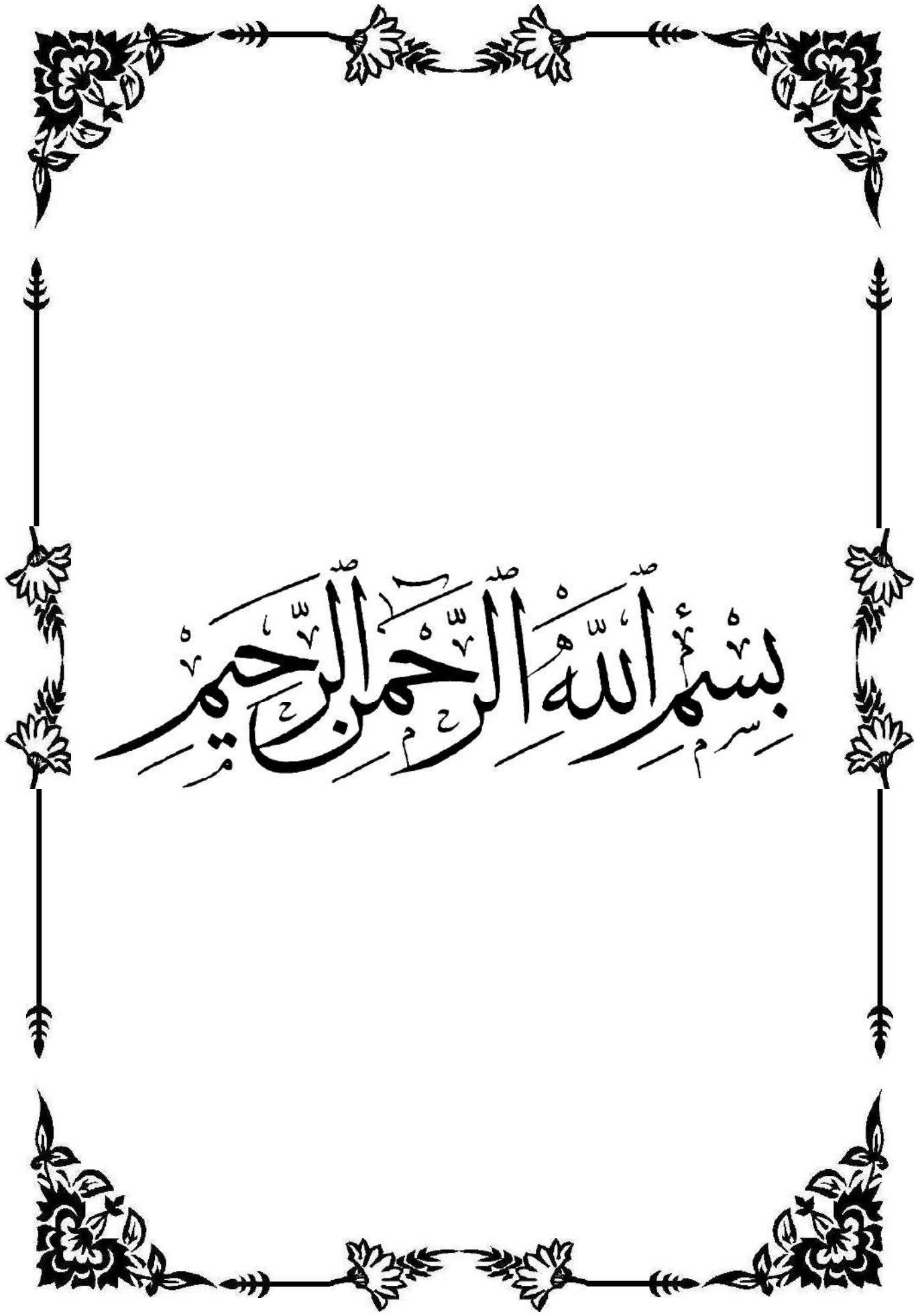
- **CHEIKHAOUI OUSSAMA**
- **AZOUNI ABDALLAH**

Encadré par **:**

Mr. GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2022 / 2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Je commence par exprimer ma gratitude à Allah, qui m'a accordé la force, la persévérance et la clarté d'esprit nécessaires pour mener à bien ce projet. Votre guidance et votre bienveillance ont été inestimables tout au long de cette aventure académique.

Ma très chère mère, je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre amour indéfectible, votre soutien inconditionnel et vos sacrifices incommensurables. Vous avez été mon plus grand soutien, ma confidente et ma guide tout au long de ma vie et de ce projet de fin d'études. Votre présence dans ma vie est un cadeau précieux que je chérirai toujours.

À mon père bien-aimé, Je souhaite exprimer ma profonde gratitude pour ton amour inconditionnel, ton soutien indéfectible et tes sacrifices inestimables. Tu as été mon modèle de force, de courage et de détermination, et ton influence sur ma vie est incommensurable.

À mon frère et à mes sœurs, je vous remercie du fond du cœur pour votre soutien inconditionnel et votre amour précieux. Notre lien familial est une source de force et de bonheur infinis dans ma vie.

Je souhaite également remercier toute ma famille (CHEIKHAOUI ET MEZIANE) pour leur soutien indéfectible. Votre présence dans ma vie a été une source de joie et de soutien continu.

À mon encadreur de projet Mr GOUMETTRE AHMED, je vous suis reconnaissant pour votre expertise, votre patience et votre disponibilité tout au long de cette période. Vos conseils éclairés et vos commentaires constructifs ont grandement contribué à l'amélioration de mon travail.

Un merci spécial à tous les ingénieurs qui ont partagé leurs connaissances et leur expérience avec moi. Votre expertise dans le domaine a été d'une valeur inestimable, et j'ai énormément appris de vos conseils et de vos idées novatrices.

Je n'oublie pas de remercier chaleureusement tous les enseignants de mon école. Votre dévouement à l'enseignement et votre volonté de partager votre savoir ont joué un rôle fondamental dans ma formation académique et dans la réalisation de ce projet.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers mon binôme (AZOUNI ABDALLAH) pour sa collaboration précieuse tout au long de ce projet de fin d'études.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Votre soutien moral, vos discussions stimulantes et vos encouragements ont été d'une importance capitale pour moi.

CHEIKHAOUI OUSSAMA

Remerciement

Une pensée pleine de reconnaissance inspirée par la générosité et la gentillesse que vous avez manifestées à notre endroit. Vous avez toujours été présent quand nous avons eu besoin de vous. Pour cela que vous méritez, aujourd'hui, un bouquet de remerciements…

Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à notre DIEU le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné de la volonté, le courage, et de la force pour élaborer ce travail.

Je dédie fortement ***mon père****, et ma* ***très chère mère*** *qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie*

A MES Chères SŒUR

ET MES Chères FRERES

Et l'ensembles des familles ***AZOUNI*** *ET* ***LAMAMRI***

A mon binôme : ***Oussama.***

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promoteur ***Mr. GOUMETTRE AHMED*** *pour son aide et son encadrement durant toute la période de préparation de ce mémoire.*

*Et également nous exprimons aussi notre plus grande reconnaissance à tous les enseignants de l'****ENSTP*** *qui nous ont enrichis de connaissances et de savoir Pendant notre cycle de formation et d'étude.*

Et toute la promotion 2023

Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Azouni Abdallah…

ملخص

مشروعنا يتضمن دراسة تفصيلية لمقطع من الطريق الاجتنابي رقم 4 للجزائر العاصمة، على مستوى ولاية المدية، يمتد من الحجر الكيلو متري 23 الى الحجر الكيلو متري رقم 34 على مدى 11 كم، مع تصميم مبادل الطرق الذي يربط الطريق الاجتنابي رقم 4 بالطريق الوطنية 18 عند بلدية حناشة المقترح من طرف الوكالة الجزائرية للطرق السريعة باستعمال معايير ICTAAL 2015 وبرنامج Covadis 17

لإنجاز هذا العمل المتواضع قمنا بإتباع مخطط عمل يبدأ بمقدمة عامة، دراسة حركة المرور، دراسة جيومترية، دراسة جيوتقنية دراسة قنوات صرف المياه استقرار المنحدرات، تصميم المحول دراسة تأثير المشروع على البيئة، مقايسة تقديرية وخاتمة.

النهج الذي تم اعتماده في هذا المشروع يهدف إلى إيجاد حل يضمن سلامة البنية التحتية بتكلفة محسَّنة. تُنفَّذ مراحل المشروع المختلفة وفقًا لاستراتيجية محددة بشكل جيد

Résume

Le projet de fin d'études consiste en la réalisation d'un tronçon autoroutier de la 4ème Rocade, en phase APD (avant-projet détaillé), dans la Wilaya de Médéa, sur une distance de 11 km, allant du PK 23+000 au PK 34+000. Il comprend également la conception d'un échangeur reliant la Rocade à la RN18 au niveau de la commune de Hennacha. Le projet suit les normes de l'ICTAAL 2015, en utilisant le logiciel ؤ. Ce projet a été proposé par l'Agence Nationale des Autoroutes (ANA).

L'étude complète comprend différentes phases, de la conception à la planification, en passant par une recherche bibliographique, l'analyse de trafic, l'étude géotechnique et hydraulique, le dimensionnement de la chaussée, la conception de l'échangeur, la signalisation et l'évaluation de l'impact environnemental.

L'approche adoptée dans ce projet vise à trouver une solution de tracé pour optimiser les coûts tout en garantissant la sécurité de l'infrastructure. Les différentes étapes du projet sont réalisées en suivant une stratégie bien définie.

Abstract

The final year project involves the construction of a section of the 4th Ring Road in the detailed preliminary design phase in the Medea Province, covering a distance of 11 km from PK 23+000 to PK 34+000. The project includes the design of an interchange connecting the Ring Road to the RN18 at the Hennacha municipality. The project follows the ICTAAL 2015 standards and utilizes the Covadis 17 software.

This project was proposed by the National Highways Agency. The comprehensive study encompasses various stages, from design to planning, including literature research, traffic analysis, geotechnical and hydraulic studies, pavement design, interchange design, signage, and environmental impact assessment.

The approach adopted in this project aims to find an optimized cost solution while ensuring the safety of the infrastructure. The different project stages are carried out following a well-defined strategy.

LISTES DES FIGURES :

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLOGRAPHIQUE

Figure I-1 :enrobé bitumineux....2
Figure I-2 : Photographie en microscopie électronique à balayage d'une fibre....2
Figure I-3 : Des fibres de verre pour renforcer la chaussée....4

CHAPITRE II : PRESENTATION DE PROJET

Figure II-1 : Carte de limites administratives de la Wilaya de Médéa....6
Figure II-2 : Carte de sismique du territoire national ARPA99....7
Figure II-3 : Réseau routier de la wilaya de Médéa....8
Figure II-4 : Carte de localisation du projet....8
Figure II-5 : Schéma explicatif du tronçon à étudier....9

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

Figure IV-1 : Les éléments de tracé en plan....16
Figure IV-2 : paramètres de la clothoïde....17

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS

Figure VI-1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante....22
Figure VI-2 : Zone de sécurité en déblai....23

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE

Figure VII-1 : La zone d'étude pk 23+000 au pk 34+000....26

CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

FigureVIII-1 : Coupe transversale d'une chaussée....42
FigureVIII-2 : Organigramme de la démarche du catalogue....45
Figure VIII-3 : Structure de la méthode CBR....47
Figure VIII-4 : la classe de trafic de projet....48
Figure VIII-5 : Carte climatique de L'Algérie....49
Figure VIII-6 : La structure de projet....51
Figure VIII-7 : Les résultats des sollicitations à l'aide d'ALIZE LCPC....54
Figure VIII-8 : Modélisation numérique de profil en travers....55
FigureVIII-9 : Structure de l'autoroute....55

CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT

Figure IX-1 : réseau hydraulique de zone d'étude 56
Figure IX-2 : représentatif d'une buse.....61
Figure IX-3 : représentatif d'un dalot.....62
Figure IX-4 : représentatif d'un fossé trapézoïdal.....65
Figure IX-5 : Fossé trapézoïdal type 67
Figure IX-6 : dimensions de notre fossé.....68
Figure IX-7 : situation des réseaux sur le profil l en travers 68
Figure IX-8 : descentes d'eau.....69

CHAPITRE X : CUBATURES

Figure X-1 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné 71
Figure X-2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné 71

CHAPITRE XI : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

Figure XI-1 : Analyse de stabilité de la section PK :32+550 75
Figure XI-2 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK :32+550 75
Figure XI-3 : Analyse de stabilité de la section PK 33+735 76
Figure XI-4 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK : PK 33+735 77

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Figure XII-1 : type d'échangeurs 78
Figure XII-2 : Carte de localisation de l'échangeur 80
Figure XII-3 : Dispositif de sortie de l'autoroute 82
Figure XII-4 : Dispositif d'entrée de l'autoroute.....82
Figure XII-5 : distance d'arrêt.....83
Figure XII-6 : Visibilité sue une sortie d'autoroute.....84

CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIER

Figure XIV-1 : Implantation des panneaux 88
Figure XIV-2 : Marquage en section courante 90
Figure XIV-3 : éléments constitutifs du profil en travers.....90
Figure XIV-4 : Les dispositifs de retenue 91
Figure XIV-5 : Paramètres de l'imploration des luminaires 91

LISTES DES TABLEAUX :

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLOGRAPHIQUE

Tableau I-1 : compositions des fibres de verre 2

CHAPITRE II : PRESENTATION DE PROJET

Tableau II-1 : La zone et la sismicité 7

CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC

Tableau III-1 : Coefficient d'équivalence P 12
Tableau III-2 : Coefficient « K1 » 13
Tableau III-3 : Coefficient « K2 » 13
Tableau III-4 : Valeur de la capacité théorique 13

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

Tableau IV-1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL 2015) 16
Tableau IV-2 : Discription geometrique du trace en plan 19

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS

Tableau V-1 : Valeurs limites des paramètres du profil en long 20
Tableau V-2 : Discription geometrique du profil en long 21

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau VII-1 : Coefficient d'accélération (A) 27
Tableau VII-2 : Les résultats obtenus dans les sondages carottés 28
Tableau VII-3 : Les résultats obtenus dans les puits de reconnaissance 30
Tableau VII-4 : Résultats des mesures de niveau d'eau 31
Tableau VII-5 : Résultats Des Essais Pressiométrique 31
Tableau VII-6 : Résultats des essais relatifs aux puits de reconnaissances 33
Tableau VII-7 : Résultats des essais physiques relatifs aux sondages carottés 33
Tableau VII-8 : Résultats des essais de compactage relatifs aux puits de reconnaissance 34
Tableau VII-9 : Résultats des essais mécaniques relatifs aux sondages carottés 34
Tableau VII-10 : Résultats des essais chimiques relatifs aux puits de reconnaissances 35
Tableau VII-11 : Résultats des essais chimiques relatifs aux sondages carottés 35
Tableau VII-12 : Résultats de la classification LCPC pour les puits de reconnaissance 35
Tableau VII-13 : Résultats de la classification LCPC pour les sondages carottés. 36

Tableau VII-14 : Résultats de la classification GTR pour les puits de reconnaissances 36
Tableau VII-15 : Résultats de la classification GTR pour les sondages carottés 37
Tableau VII-16 : Les résultats de tassement 39
Tableau VII-17 : Résultats sur sol support. 40
Tableau VII-18 : Caractéristiques des carriers utilisés 41

CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

Tableau VIII-1 : coefficient d'equivalences des materiaux 44
Tableau VIII-2 : Resultats de la methode CBR 47
Tableau VIII-3 : Classe de portance 48
Tableau VIII-4 : Choix des temperatures equivalentes 49
Tableau VIII-5 : Structure disponibles dans le catalogue 50
Tableau VIII-6 : Sur classement avec couche de forme en materiaux non traite 50
Tableau VIII-7 : Coefficient d'agressivite 52
Tableau VIII-8 : Performances mecanique des materiaux bitumineux 52
Tableau VIII-9 : Risques adoptes pour le reseau RP1 54

CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT

Tableau IX-1 : Caracteristiques principales des bassins versants 58
Tableau IX-2 : Le parametre a 59
Tableau IX-3 : Valeur de debits d'apport 60
Tableau IX-4 : Le dimensions du dalot 63
Tableau IX-5 : Listes des ouvrages hydrauliques 64
Tableau IX-6 : Coefficient de ruissellement 65
Tableau IX-7 : Calcul des surfaces 66
Tableau IX-8 : Calcul de debit d'apport 67

CHAPITRE X : CUBATURES

Tableau X-1 : Les materiaux de terrassement 72
Tableau X-2 : Les materiaux de chaussee 72

CHAPITRE XI : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

Tableau XI-1 : Facteur de securite 74
Tableau XI-2 : Les parametres geotechnique des sols en deblais 74
Tableau XI-3 : Les parametres geotechnique des sols en deblais 76

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

Tableau XII-1 : Les valeurs des rayons pour les bretelles 81
Tableau XII-2 : Largeurs des composantes du profil en travers 83
Tableau XII-3 : Principales distances de visibilite 84

CHAPITRE XIV : OUVRAGES D'ART

Tableau XIII-1 : Les ouvrages au niveau du trace 85
Tableau XIII-2 : Les ouvrages d'art non courants 85

CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIER

Tableau XIV-2 : Descente a forte declivite de projet 88

LISTES DES ABRIVIATION :

ICTAAL : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison

APD : avant-projet détaillé

BDD : Bande dérasé de droite

BDG : Bande dérasé de gauche

TJMA : trafic journalier moyen annuel

UVP : Unité de véhicule particulière

PL : Poids lourd

TPC : Terre-plein Central

BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence

VB : Vitesse de base

GNT : Grave non traité

GB : Grave bitume

BB : Béton bitumineux

GTR : Guide des terrassements routiers

SC : sondage carotté

LA : Los angles

CBR : California – Bearing – Ratio

IP : Indice de plasticité

WL : Limite de liquidité

Dmax : Diamètre maximale

Tc : temps de concentration

TC : trafic cumule de poids lourd

TEC : trafic cumulé équivalent

BV : Bassin versant

Wn : Teneur en eau naturelle

Wopn : Teneur en eau optimale

Dms : Distance de manœuvre de sortie

Da : Distance d'arrêt

Dvm : Distance de visibilité sur marquage

Lc: Distance de lecture

RHm: Rayon horizontale minimal

Rdn : Rayon a devers normal

AP : Argile Plastique

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction : 2
I.2 Qu'est-ce que les enrobes bitumineux : 2
I.3 Qu'est-ce que les fibres ajoutent aux enrobés : 2
I.4 Pourquoi utilise-t-on des fibres dans les enrobés bitumineux ? 2
I.5 Différents types des fibres utilisée dans les enrobes bitumineux : 3
I.5.1 Les fibres de verre 3
I.5.2 Les fibres de polyester 4
I.6 Dosage des fibres : 4
I.7 Comment utiliser les fibres dans les enrobes bitumineux : 5
I.8 Les inconvénients des fibres 5
I.9 Conclusion : 5

CHAPITRE II : PRESENTATION DE PROJET.

II.1 Localisation de la willaya de projet : 6
II.1.1 Situation géographique : 6
II.1.2 Relief de la wilaya : 6
II.1.3 Le climat : 6
II.1.4 Sismicité : 7
II.1.5 Le réseau routier : 7
II.2 Description de la 4ème Rocade d'Alger : 8
II.2.1 Objectifs de la 4ème rocade : 9
II.3 Présentation du tronçon à étudier : 9

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC.

III.1 Introduction : 10
III.2 Les types de trafics : 10
III.2.1 Trafic normal : 10
III.2.2 Trafic dévié : 10
III.2.3 Trafic induit : 10
III.2.4 Trafic total : 10
III.3 Analyse de trafic : 11
III.4 Calcul de la capacité de Notre Autoroute : 11
III.5 Conclusion : 14

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN.

IV.1 Introduction : 15
IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan : 15
IV.3 Choix de la catégorie : 15
IV.4 Les éléments de tracé en plan : 16
IV.4.1 Les alignements : 16
IV.4.2 Arc de cercle : 16
IV.4.3 Les courbes de raccordement : 16
IV.5 Calcul manuel d'axe de tracé en plan : 17
IV.6 Démarche et conception de trace : 17
IV.7 Notre stratégie de travail : 18

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG.

V.1 Introduction : 20
V.2 Réglé et normes à respecter dans le tracé de profil en long : 20
V.3 Les paramètres du profil en long : 20
V.4 Normes géométrique adoptées : 20
V.5 Le calcul de profil en long : 20

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS.

VI.1 INTRODUCTION : 22
VI.2 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS : 22
VI.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS : 22
VI.4 Les normes de L'ICTAAL 2015 : 23
VI.5 Application au projet : 24

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.1 INTRODUCTION : 25
VII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE : 25
VII.3 CONTENU DE LA COMPAGNE GEOTECHNIQUE : 25
VII.4 APPLICATION AU PROJET : 26
VI.4.1 Évaluation de la zone d'étude : 26
VI.4.1.1 Géologie de l'itinéraire : 26
VI.4.1.2 La Sismicité : 27
VI.4.1.3 Hydrogéologie : 27
VI.4.2 Prospection Géotechnique : 28

VI.4.2.1 Présentation des essais du projet : 28
VI.4.2.1.1 Les essais in situ : 28
Sondages Carottes : 28
Puits De Reconnaissance : 30
Essais Pressiométrique 31
VI.4.2.1.2 ESSAIS AU LABORATOIRE : 32
Essais permettant de déterminer les paramètres de nature des sols(Identification) 32
Les essais de détermination des paramètres de compactage 34
Les essais de détermination des paramètres de comportement mécanique 34
Les essais chimiques : 35
VI.4.2.2 Classification géotechnique des sols 35
La classification LCPC 35
La classification GTR 36
VI.4.2.3 Matériaux de Remblais 38
Calcul du tassement de la fondation des remblais 38
Conditions de reutilisation des materiaux en remblais 39
Recherches des depots 40
Sol support 40
Interpretation des resultats 41

CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1 Introduction : 42
VIII.2 Définition De La Chaussée : 42
VIII.3 Constitution Des Structures De Chaussée : 42
VIII.4 Différentes types de structures de chaussée : 43
VIII.5 Matériaux utilisés de chaussée : 43
VIII.6 Les Critères Pris En Compte Pour Dimensionner Une Chaussée 43
VIII.7 Méthodes De Dimensionnement Des Chaussées : 43
VIII.8 Methode C.B.R (California – Bearing – Ratio) 43
VIII.9 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » 45
VIII.10 La Démarche Du Catalogue : 45
VIII.11 Principes et methodologie 45
VIII.12 Application au projet : 45
VIII.12.1 Les Données du projet 45
VIII.12.2 Méthode de CBR : 46
VIII.12.3 La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP » (méthode algérienne) : 48
VIII.13 Conclusion : 55

CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT.

IX.1 Introduction : 56
IX.2 Objectif de l'assainissement : 56
IX.3 Réseau hydrographique : 56
IX.4 Les ouvrages d'assainissement : 57
IX.5 Etude hydrologique : 57
IX.5.1 Estimation des débits de crue Q_{max} : 57
IX.5.2 Coefficient de ruissellement : 57
IX.5.3 Caractéristiques principales des bassins versants : 58
IX.5.4 Estimation du temps de concentration : 58
IX.5.5 Détermination de l'intensité 59
IX.5.6 Exemple d'application dans notre projet : 59
IX.6 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE : 61
IX.6.1 Dimensionnement des buses : 61
IX.6.2 Dimensionnement des dalots : 62
IX.6.3 Tableau récapitulatif Des dalots et des buses : 64
IX.6.4 Système de drainage longitudinal : 64
IX.7 Réseaux de collecte longitudinaux : 68
IX.8 Bassin de décantation : 69

CHAPITRE X : CUBATURES.

X.1 INTRODUCTION : 70
X.2 Méthodes de calcul des cubatures : 70
X.3 Description de la méthode : 70
X.4 Calcul des cubatures de projet : 72
X.5 Les matériaux du terrassement : 72
X.6 Les matériaux de la chaussée : 72

CHAPITRE XI : ETUDE DE STABILITE DES TALUS.

XI.1 Introduction : 73
XI.2 Objectif de l'étude : 73
XI.3 La Méthode de calcul : 73
XI.4 Analyse de la stabilité des talus : 73
XI.5 Analyse de stabilité du déblai : 74
XI.6 Analyse de stabilité du remblai : 76
XI.7 Conclusion : 77

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR.

XII.1 Introduction : 78
XII.2 Les constituants des échangeurs : 78
XII.3 Type des échangeurs : 78
XII.3.1 Echangeur majeur : 79
XII.3.2 Echangeur mineur : 79
XII.4 Les avantages : 79
XII.5 Règles de conception : 79
XII.6 Choix du type d'échangeur : 80
XII.7 Application au projet : 80
XII.7.1 Description de l'échangeur : 80
XII.7.2 Caractéristiques géométriques des bretelles : 81
XII.8 Profil en travers de la bretelle : 83
XII.9 Visibilité : 83
XII.9.1 Principales distances de visibilité : 83

CHAPITRE XIII : OUVRAGES D'ART.

XIII.1 INTRODUCTION : 85
XIII.2 Présentation des ouvrages : 85
XIII.3 Gabarit à réserver : 85
XIII.4 Choix du type de l'ouvrage : 86
XII.4.1 Les ponts a poutres en beton arme : 86
XII.4.2 Les ponts a poutres en beton precontrainte : 86
XII.4.3 Solution technique retenue : 86

CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS ROUTIER.

XIV.1 Introduction : 87
XIV.2 L'objet de la signalisation routier : 87
XIV.3 Types de signalisation : 87
XIV.3.1 Signalisation verticale : 87
XIV.3.2 Signalisation horizontale : 89
XIV.3.3 Autres signalisations : 90
XIV.4 Equipement routier : 91
XIV.4.1 Dispositif de retenue : 91
XIV.4.2 Eclairage : 91

CHAPITRE XV : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.

XV.1 Introduction : 92
XV.2 Objectif De L'étude : 92
XV.3 Analyse Des Impacts Potentiels Du Projet : 92
XV.3.1 Impacts Positifs Du Projet : 92
XV.3.2 Impacts Negatif Du Projet : 93
XV.3.2.1 Impacts Pendant La Phase Travaux : 93
XV.3.2.1 Impacts Pendant La Phase D'exploitation : 94
XV.4 Mesures De Compensation Et D'attenuation : 95
XV.4.1 mesures En Phase Chantier: 95
XV.4.2 mesures En Phase D'exploitation : 96

CHAPITRE XVI : PLANIFICATION DE PROJET.

XVI.1 INTRODUCTION : 97
XVI.2 LES RESSOURCES NECESSAIRES : 97
XVI.3 Planification de projet 97

CHAPITRE XVII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.

XVII devis quantitatif et estimatif 98

CONCLUSION

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXES

INTRODUCTION GENERALE :

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes et les autoroutes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La 4ème rocade d'Alger est l'un des projets importants lances par les services du Ministère des Travaux Publics qui a pour objet de désengorger le flux du trafic traversant la zone algéroise en vertu de L'Autoroute Est- Ouest.

Le projet consiste à relier la ville de Khemis Miliana à la ville de Bordj Bou-Arreridj par une liaison autoroutière sur un linéaire de 300 km et alimenter les cinq wilayas traversées (Ain Defla - Médéa - Bouira -M'sila - Bordj Bou Arrerridj) par les besoins socio-économiques.

Le thème de notre projet de fin d'étude consiste à faire l'étude APD d'un tronçon routier de **11 km** de la 4ème rocade d'Alger reliant la ville **Amoura centre** à celle de **El mhamedia HENNACHAH** dans la wilaya de Médéa du **PK 23+000** au **PK 34+000** avec une conception d'un échangeur.

L'objectif principal de ce travail est de traiter un projet réel afin de permettre à l'élève ingénieur de mieux s'intégrer dans le monde du travail, de connaitre les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics et de compléter les connaissances acquises au cours de la formation au sein de l'école.

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

L’utilisation Des Fibres dans les enrobés bitumineux

I. Recherches bibliographiques :

I.1 Introduction :

L'utilisation des fibres dans les enrobés bitumineux nécessite une bonne connaissance de leurs caractéristiques, de leur dosage optimal et de leur compatibilité avec le bitume et les granulats. Il faut aussi prendre en compte les impacts potentiels sur l'environnement et la santé des travailleurs lors de la fabrication, de la mise en œuvre, du recyclage ou de l'élimination des enrobés bitumineux contenant des fibres

I.2 Qu'est-ce que les enrobes bitumineux :

Les enrobés bitumineux, aussi appelés asphalte dans le langage populaire, sont un mélange de granulats et de bitume. Les granulats sont habituellement composés de roche concassée, de sable et d'enrobés recyclés. Le bitume agit comme liant pour créer un mélange cohésif. Il n'y a en moyenne que 5 % de bitume dans l'enrobé bitumineux.

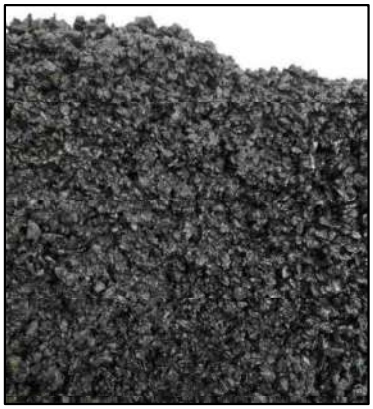


Figure I-1 :enrobé bitumineux

I.3 Qu'est-ce que les fibres ajoutent aux enrobés :

Les fibres sont des éléments ajoutés aux enrobés bitumineux pour améliorer leurs propriétés mécaniques, thermiques ou acoustiques. Il existe différents types de fibres, comme les fibres d'amiante, les fibres synthétiques (polypropylène, polyester, etc.), les fibres naturelles (cellulose, lin, chanvre, etc.) ou les fibres minérales (verre, basalte, etc.).

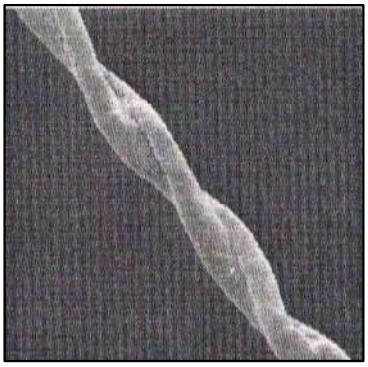


Figure I-2 : Photographie en microscopie électronique à balayage d'une fibre

I.4 Pourquoi utilise-t-on des fibres dans les enrobés bitumineux ?

En premier lieu, l'ajout de fibres permet de limiter les risques d'hétérogénéité de l'enrobé c'est-à-dire éviter la ségrégation et le ressuage en augmentent la cohésivité du mortier bitumineux, mais elles rendent alors l'enrobé plus difficile à compacter. D'un autre côté, les fibres agissent un peu comme un filler et augmentent le volume du mortier bitumineux améliorant ainsi l'aptitude au compactage.

Les fibres ont un double rôle : d'une part, elles permettent de fixer une quantité supplémentaire de bitume sans risque de fluage ; d'autre part, leur géométrie et leur adhérence au liant se traduisent par un renforcement du mastic d'enrobage, par une augmentation des résistances mécaniques de l'enrober au cisaillement, à la traction et à la compression.

Donc, on peut conclure que les deux raisons principales de l'utilisation des fibres dans les enrobés sont :

- ✓ Augmenter la résistance à la fatigue et ainsi augmenter leur durée de vie : la grande surface spécifique des fibres permet d'augmenter de façon significative la quantité de liant dans l'enrobé. Une plus grande quantité de liant résulte en un feuil de bitume plus important (cohésion) et donc une résistance à la fatigue accrue et une meilleure longévité de l'enrobé.
- ✓ Augmenter leur résistance à la fissuration : la fibre agit en quelque sorte comme armature dans l'enrobé et aide à résister davantage aux efforts de tension (traction, compression,…). Cette propriété des fibres donne donc à l'enrober une résistance accrue à la fissuration.

I.5 Différents types des fibres utilisée dans les enrobes bitumineux :

I.5.1 Les fibres de verre

Sont l'un des types de fibres les plus couramment utilisés dans les enrobés bitumineux

Le verre est un matériau solide qui se forme en refroidissant un liquide visqueux. Il est connu pour sa grande fragilité, principalement due à sa sensibilité élevée à la fissuration. Cependant, lorsqu'il est élaboré sous forme de fibres de faible diamètre, le verre perd cette fragilité. Ces fibres sont produites à partir de verre fondu qui est passé à travers une filière chauffée par effet Joule. La filière comporte généralement entre 50 et 800 trous d'un diamètre de l'ordre de 10 à 100 µm. Les fibres de verre sont disponibles dans le commerce sous forme de bobines, ce qui permet un découpage à la demande, ou sous forme de morceaux prédécoupés de différentes longueurs, telles que 3, 6, 12 et 50 mm.

Il existe trois types principaux de fibres de verre sur le marché. Le premier est la fibre de verre classique, composée de silice, de soude et de chaux. Le deuxième type est la fibre de verre au zirconium, qui contient du zirconium en plus des composants de base. Enfin, il y a les fibres de verre au borosilicate, qui contiennent du borosilicate en plus des autres ingrédients.

Les compositions moyennes de ces trois types de fibres sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau I-1 : compositions des fibres de verre

COMPOSITION	$Si0_2$	AL_20_3	B_20_3	Ca0	Mg0	Na_20
Verre en alumino Borosilicate (type E)	53 - 54	14 -15.5	6.5 - 9	20 -24	20 -24	1
Verre cem-fil	70	0.2	8	00	00	12
Verre sodo calcique (Verre à vitre)	70 -72	1	--	10	--	14

Les géo-grilles en fibre de verre sont utilisées comme éléments de renforcement et pièces de protection pour l'installation et la réparation des routes, des aéroports, des ponts et des viaducs.



Figure I-3 : Des fibres de verre pour renforcer la chaussée

I.5.2 Les fibres de polyester

Les polymères sont utilisés dans l'enrobé bitumineux pour améliorer ses performances et lui conférer des propriétés spécifiques. Leur utilisation permet d'augmenter la résistance aux contraintes mécaniques, aux températures extrêmes et à l'usure. Les polymères renforcent également l'adhérence, améliorent la résistance aux produits chimiques et favorisent la durabilité de la chaussée. Différents types de polymères sont utilisés, tels que les polymères modifiés au latex, les polymères thermoplastiques et les élastomères. L'ajout de polymères dans l'enrobé bitumineux contribue à la construction de routes durables, résistantes et nécessitant moins d'entretien.

I.6 Dosage des fibres :

Le dosage des fibres dépend du type de fibres utilisé, des spécifications du projet et des exigences de performance. En général, les dosages recommandés varient de 0,3% à 0,8% en poids de l'enrobé.

I.7 Comment utiliser les fibres dans les enrobes bitumineux :

Les fibres sont introduites dans le bitume pré additive, par le traitement des matériaux avant incorporation à la centrale ou encore incorporer en ligne à la centrale via un système de dosage adapté.

- ✓ Choisir le type de fibres adapté au type d'enrobé, au climat, au trafic et aux exigences de performance
- ✓ Déterminer le dosage optimal de fibres en fonction du type de bitume, du type de granulats et des propriétés recherchées.
- ✓ Mélanger les fibres avec le bitume à chaud ou à froid selon le procédé choisi (prémélange, incorporation directe, etc.)
- ✓ Vérifier la compatibilité et l'homogénéité du mélange bitume-fibres.
- ✓ Ajouter le mélange bitume-fibres aux granulats dans la centrale d'enrobage et malaxer le tout.
- ✓ Transporter et mettre en œuvre l'enrobé bitumineux contenant des fibres selon les règles de l'art.
- ✓ Contrôler la qualité de l'enrobé bitumineux et sa conformité aux normes et aux spécifications

I.8 Les inconvénients des fibres

Bien que les fibres présentent de nombreux avantages tels que vus précédemment, elles présentent également certains inconvénients. En Effet, l'introduction des fibres dans l'enrobé peut parfois rendre son Installation plus complexe et donc plus couteuse. De plus, étant donné que les fibres sont utilisées à faible dosage, le degré de précision peut être difficile à contrôler pour le producteur. Et finalement, cela demande plus de manipulation, donc, encore une fois, des couts supplémentaires.

I.9 Conclusion :

Les fibres sont utilisées couramment dans les usines d'enrobés bitumineux pour leurs grandes surfaces spécifiques qui donnent aux routes une résistance à la fatigue et donc, qui augmentent leur durée de vie. De plus, sont utilisées pour leurs résistances aux efforts de tensions (traction, compression,…), ce qui augmente la résistance à la fissuration des routes. Bien que les fibres soient dispendieuses et qu'elles rendent la mise en œuvre plus complexe, elles restent très utilisées pour leur avantage multiple

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II. Présentation du projet :

II.1 Localisation de la willaya de projet :

La wilaya de **Médéa** est située dans le centre du pays au cœur de l'Atlas tellien dans la région du titterie, elle consiste une zone de transit et un trait d'union entre le Tell et le Sahara, et entre les Hauts Plateaux de l'Est et ceux de l'Ouest.

II.1.1 Situation géographique :

La wilaya de **Médéa** limitée administrativement :

- ✓ Au nord, par la wilaya de Blida.
- ✓ À l'ouest, par les wilayas de Aïn Defla et Tissemsilt.
- ✓ Au sud, par la wilaya de Djelfa.
- ✓ À l'est, par les wilayas de M'Sila et Bouira.

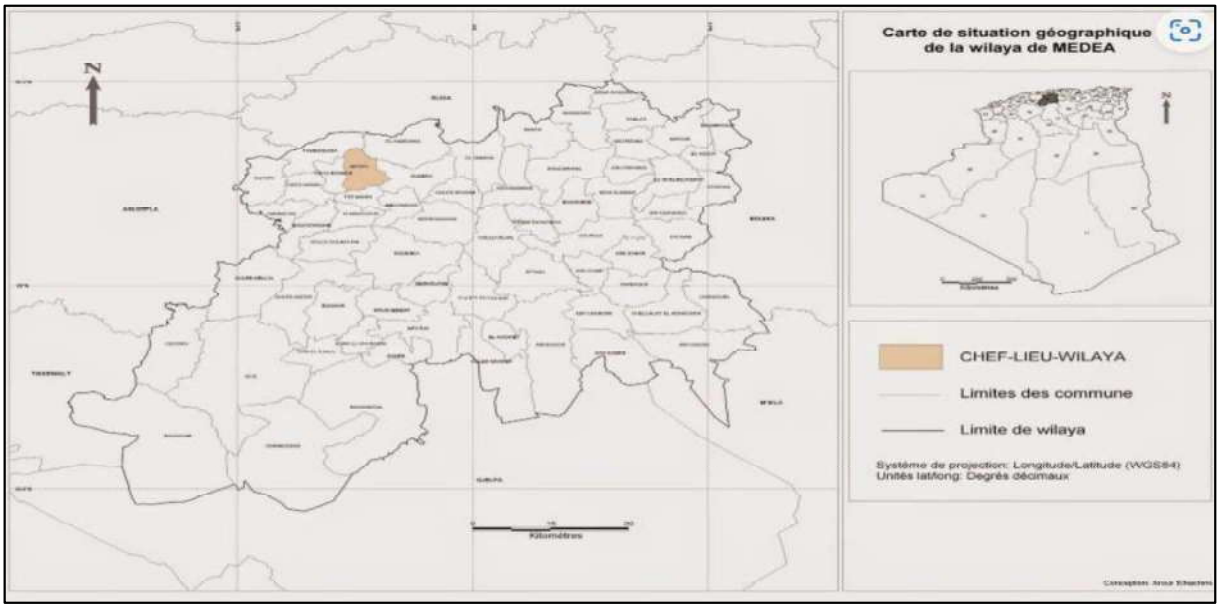


Figure II-1 : Carte de limites administratives de la Wilaya de Médéa

II.1.2 Relief de la wilaya :

La wilaya de Médéa est une wilaya montagneuse qui fait partie intégrante de la région du Tell est située dans l'Atlas tellien et se caractérise ainsi par une altitude élevée et un relief mouvementé enserrant quelques plaines de faible extension. Au sud, elle s'étend aux confins des hautes plaines steppiques.

II.1.3 Le climat :

Le climat de Médéa se distingue par des caractéristiques dues à sa position sur les monts de l'Atlas tellien et son altitude qui atteint **1240 m** ainsi qu'à son exposition aux vents et aux vagues de courants venant de l'Ouest. Le climat à Médéa, est chaud et tempéré.

En été les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. La température moyenne est de **14.4 °C** et la moyenne des précipitations annuelles dépasse **700 mm**.

II.1.4 Sismicité :

Le document technique réglementaire DTR, concernant les règles parasismiques algériennes applicable au domaine des ouvrages d´arts RPOA 2008", élaboré par le CTTP et le CGS, divise le territoire algérien en quatre (04) zones de sismicité croissante, soit :

Tableau II-1 : La zone et la sismicité

Zone	0	I	IIa	IIb	III
Sismicité	Négligeable	Faible	Moyenne	Élevé	Très élevé

Le site étudié se situe dans la zone IIa qui correspond à une zone de sismicité moyenne, la section autoroutière **Amoura centre -El mhamedia Hennacha** a est considérée comme un ouvrage de grande importance.

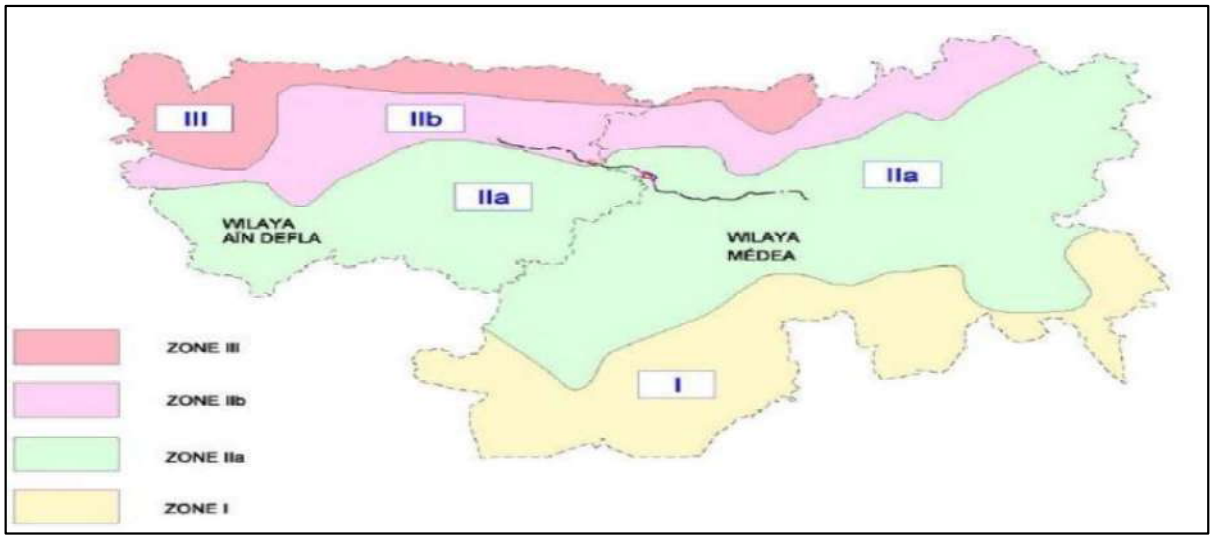


Figure II-2 : Carte de sismique du territoire national ARPA99.

II.1.5 Le réseau routier :

Le réseau routier de la wilaya de Médéa est composé de routes nationales, de chemins de wilaya et de chemins communaux.

- ✓ La principale route nationale est la RN1, qui traverse la wilaya du nord au sud sur une longueur de plus de 110 km
- ✓ D'autres routes nationales sont la RN18, qui relie Médéa à Bouira par le col de Chiffa, la RN60, qui relie Médéa à Aïn Defla par Tablât, et la RN61.
- ✓ 1200 Km des chemins de wilaya.
- ✓ 2000 Km de chemins communaux.

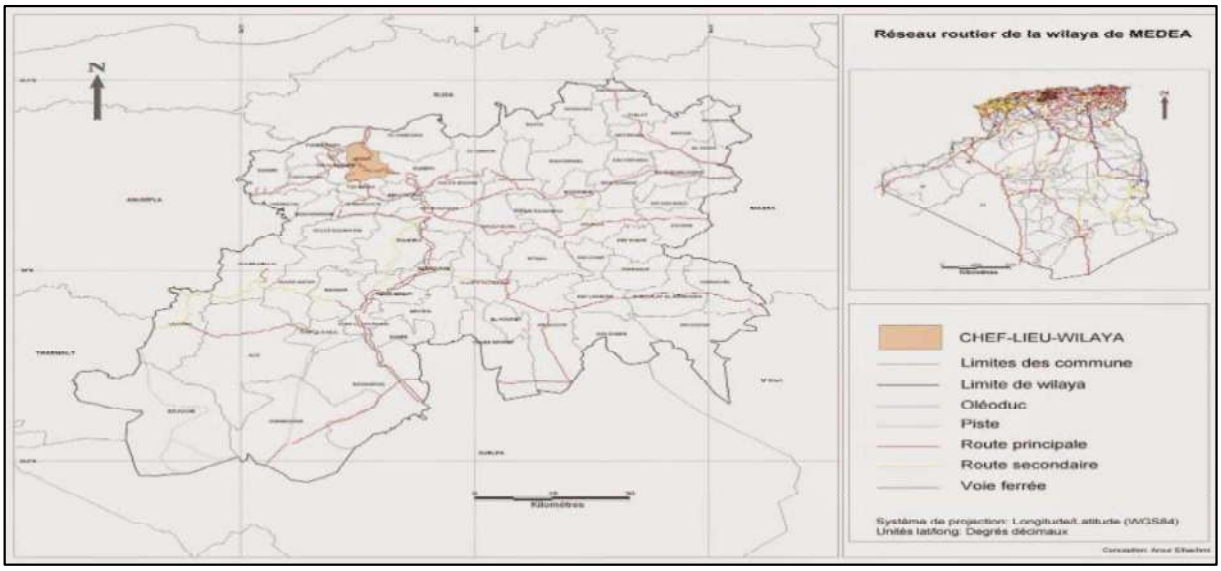


Figure II-3 : Réseau routier de la wilaya de Médéa.

II.2 Description de la 4ème Rocade d'Alger :

La 4ème Rocade d'Alger s'inscrit dans le cadre des programmes pour la réalisation des grands projets structurants du SNAT 2025 et du Schéma Directeur Routier 2005-2025.

La **4ème Rocade** est une autoroute d'un linéaire de 300 km, qui prend naissance au niveau de la Wilaya d'Ain Defla, à la commune de Khemis Miliana, au niveau de la RN18 et de l'Autoroute Est/Ouest, puis elle traverse les Wilayas de Médéa, en passant au sud de la ville de Berrouaghia (au niveau de la RN1), Ensuite les Wilayas de Bouira et M'sila, en passant aux environs des villes de Sour el Ghozlane et Sidi Aissa (Au sud de Dirah, au niveau de la RN8), elle prend fin dans la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, au niveau de l'autoroute Est/Ouest.

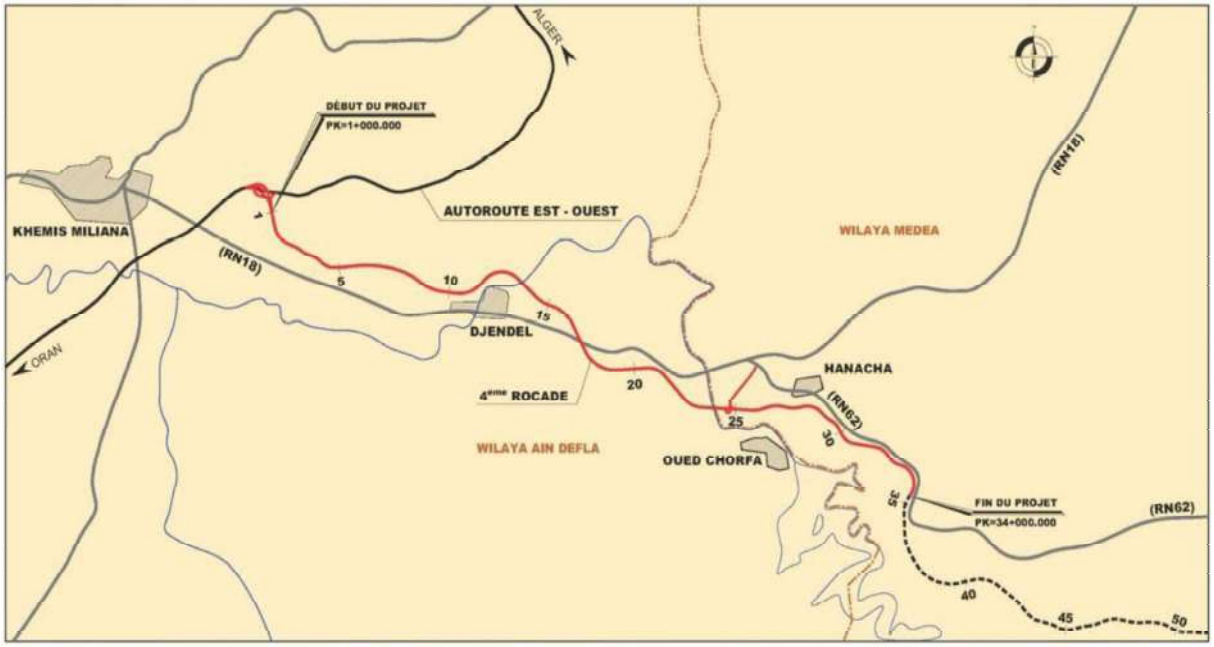


Figure II-4 : Carte de localisation du projet

La **4ème Rocade** sera soumise au péage au même titre que l'Autoroute Est/ouest pour des raisons d'entretien, le projet a été scindé en 03 lots :

- ✓ **Le lot 1** : d'un linéaire de 80 km, allant de l'échangeur RN18 (w. Ain Defla) à l'échangeur RN1(Médéa).
- ✓ **Le Lot 2** : d'un linéaire de 90km, allant de l'échangeur RN1(Médéa) à l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah).
- ✓ **Le Lot 3** : d'un line aire de 130km, allant de l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah) à la ville de Bordj Bou Arreridj

II.1.1 Objectifs de la 4ème rocade :

- ✓ Renforcement et à la consolidation de l'infrastructure routière de la région du Médéa et celle du Sud de Bouira.
- ✓ Diminuer la pression sur l'autoroute Est-Ouest et sur les principaux axes routiers.
- ✓ Réduction des frais d'exploitations : diminuera et donnera naissance à une économie de carburant.
- ✓ Gains de sécurité : représentes par la diminution du nombre de blesses et de morts.
- ✓ Gains de confort des usagers.
- ✓ Gains de temps : la réalisation de la rocade permet de réduire les temps de transports.

II.3 Présentation du tronçon à étudier :

Notre projet consiste à la réalisation d'un tronçon autoroutière de la 4eme Rocade en phase APD (avant-projet détaillé), qui commence du PK 23+000 jusqu'au PK 34+000 sur un linéaire de 11 Km, avec la conception d'un échangeur. Ce tracé construit traverse CW21 (chemine de willaya 21) en PK 23+100, et OUED CHLEF au PK 24+000, aussi des chemins ruraux.



Figure II-5 : Schéma explicatif du tronçon à étudier.

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III. ETUDE DU TRAFIC :

III.1 Introduction :

L'étude de trafic est un outil crucial pour évaluer l'efficacité économique et sociale des investissements liés aux infrastructures. Elle permet de mesurer l'intensité et l'agressivité du trafic, en particulier des poids lourds, afin de dimensionner correctement les routes et d'anticiper les charges imposées. Elle joue un rôle clé dans la planification du développement urbain, la création d'activités, l'amélioration de la mobilité et la réduction des nuisances. Des investigations géotechniques complémentaires sont également réalisées pour comprendre la nature des sols traversés, garantissant ainsi une conception adaptée et la durabilité des infrastructures.

III.2 Les types de trafics :

III.2.1 Trafic normal :

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

III.2.2 Trafic dévié :

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

III.2.3 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de :

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

III.2.4 Trafic total :

C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié en plus du trafic normal.

III.3 Analyse de trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- ✓ La statique générale.
- ✓ Le comptage sur route (manuel et automatique).
- ✓ Une enquête de circulation.

III.4 Calcul de la capacité de Notre Autoroute :

➢ Les données de trafic :

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par le bureau d'étude

- ✓ Le trafic à l'année 2014 $\mathbf{T_{JMA}2014 = 8324\ v/j}$
- ✓ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\boldsymbol{\tau}$ **=4%**
- ✓ La vitesse de base sur le tracé $\mathbf{V_b}$**=110km/h**
- ✓ Le pourcentage de poids lourds **Z = 25%**
- ✓ L'année de mise en service en **2024**
- ✓ La durée de vie estimée de **20 ans**
- ✓ **P=5** (Route à bonne caractéristique)

➢ Projection future de trafic :

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA0(1 + \tau)^n}$$

- ✓ $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon.
- ✓ $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.
- ✓ n : nombre d'année.
- ✓ τ : taux d'accroissement du trafic (%).

$$TJMA(2024) = TJMA0(1 + \tau)^n = TJMA(2014).(1 + \tau)^{10}$$

$$TJMA(2024) = 8324(1 + 0.04)^{10} = 12322\ v/j$$

$$\boxed{\mathbf{TJMA(2024) = 12322\ v/j}}$$

Trafic a l'année (2044) pour une durée de vie de 20 ans.

$$\text{TJMA2044} = \text{TJMA2024}(1+\tau)^{n} = 12322(1+0.04)^{20} = 26998\ \text{v/j}$$

$$\mathbf{TJMA(2044) = 26998\ v/j}$$

- **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 :

$$\mathbf{Teff = [(1 - z) + p.z].TJMAh}$$

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

Tableau III-1 : Coefficient d'équivalence P

Classe de l'environnement	E1(plaine)	E2(vallonnée)	E3(montagneux)
Route a bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-16	16-24

Pour notre projet l'environnement est E2 (terrain vallonnée), donc d'après le Tableau 1 du coefficient d'équivalence, on prend : P=5 et :

$$\text{Teff}\,2044 = [(1 - z) + p.z].\text{TJMA2044}$$

$$\text{Teff}\,2044 = [(1 - 0.25) + 5 \text{ x } 0.25] \text{ x } 26998 = 53996\ \text{uvp/jour}$$

$$\mathbf{Teff(2044) = 53996\ v/j}$$

- **Débit de pointe horaire normale :**

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 :

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

- ✓ **1/n** : Coefficient de pointe horaire pris est égal **0.12**

$$Q = (1/n).\text{Teff} = 0.12 \text{ x } 53996 = 6480\ \text{uvp/h}$$

$$\mathbf{Q = 6480\ uvp/h\ Dans\ les\ 2\ sens}$$

- **Calcule de débit admissible :**

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

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

- ✓ 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 : Coefficient « K1 »

L'environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III-3 : Coefficient « K2 »

	Catégorie de la route				
Environnement	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**C5**
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98

Tableau III-4 : Valeur de la capacité théorique

Route	Capacité théorique(uvp/h)
Route à chaussée sépare	1500 à 1800

Pour une Catégorie C1 et environnement E2 de notre projet et à partir les 3 Tableaux :

- ✓ K1=0.85
- ✓ K2=0.99
- ✓ Cth = 1800 uvp/h

Donc : $Q\,adm = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515$

Q adm = 1515uvp/h

- **Calcul du nombre des voies :**

Notre type de route est une section d'une autoroute à chaussée unidirectionnelle. Le nombre des voies par chaussée est alors le nombre le plus proche du rapport **S×Q/ Q_{adm}** Où S est un coefficient de dissymétrie **(en général S=2/3)** et **Q_{adm}** débit admissible par voie.

$$N = S.Q/Qadm = 2/3\,(6480/1515) = 2.85$$

N= 3 voies/ sens

- On Optera dans notre étude une autoroute de 2x3 voies.

➢ **Calcule 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 :

- **Qsaturation :**

✓ $\mathbf{Qsaturation} = \mathbf{3} \times \mathbf{Qadm}$

✓ $\mathbf{Qadm} = K1.K2.Cth = \mathbf{1515\ uvp/h}$

✓ $\mathbf{Qsaturation} = 3 * 1515 = \mathbf{4545\ uvp/h}$

- **Qmise en service :**

✓ $\mathbf{Teff\ 2024} = [(1 - 0.25) + 5 \times 0.25] \times 12322 = \mathbf{24644\ uvp/jour}$

✓ $\mathbf{Q\ 2024(2sens)} = \left(\frac{1}{n}\right).Teff = 0.12 \times 24644 = \mathbf{2957.28\ uvp/h}$

✓ $\mathbf{Q\ 2024(1sens)} = \frac{2}{3} * 2957.28 = \mathbf{1971.52\ uvp/h/sens}$

✓ **Qmise en service : 1971.52 uvp/h/sens**

$$\mathbf{ANNEE\ DE\ SAT} = \frac{\log\left(\frac{Qsaturation}{Qmise\ en\ service}\right)}{\log(1+\tau)} = \frac{\log\left(\frac{4545}{1971.52}\right)}{\log(1+0.04)} = \mathbf{21.3\ ans}$$

- Alors l'année de saturation de notre autoroute est **2045**.

III.5 Conclusion :

- D'après le calcul de la capacite de l'autoroute, La rocade doit être dimensionnée avec **3 voies** pas sens de **3.5 m**, et selon l'instruction ICTAAL le terre-plein central est supérieure ou égal a **3m**, il sera à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation deux eaux)

- Une **B.A.U** de **3m** permet de faciliter l'arrêt d'urgence hors chaussée des véhicules.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV. TRACE EN PLAN :

IV.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 la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le but de ce chapitre est d'élaborer le tracer en se basant sur les règles de conception qui sont tiré de l'ICTAAL (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), rapporté par SETRA en Mai 2015.

IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans **l'ICTAAL 2015**, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- ✓ Eviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats).
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

IV.3 Choix de la catégorie :

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager. On distingue :

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

Notre site est difficile du coup on prend la catégorie **L2**, avec une vitesse maximale de **110km/h**.

IV.4 Les éléments de tracé en plan :

L'axe en plan est constitué d'une succession de :

- ✓ Alignements.
- ✓ Arc de cercle.
- ✓ Courbe de raccordement.

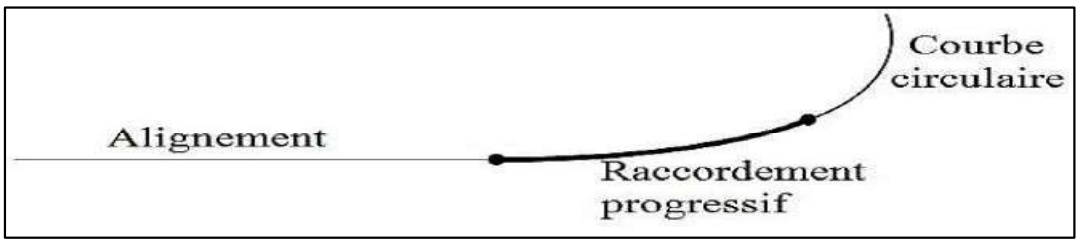


Figure IV-1 : Les éléments de tracé en plan

IV.4.1 Les alignements :

Selon les directives de **l'ICTAAL2015**, il est impératif de respecter une distance minimale de 200 mètres pour tout tracé d'alignement.

IV.4.2 Arc de cercle :

D'après **l'ICTAAL 2015**, la catégorie de notre projet est **« L2 »** associée aux sites de relief vallonnée, le tracé doit respecter les valeurs des rayons mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL 2015).

Catégories	L2	
Rayon minimal	R_m	400m
Rayon minimal au dévers normal	R_{dn}	650m
Rayon minimum sans courbure de transition	1.5× R_{dn}	975m

IV.4.3 Les courbes de raccordement :

Les courbes de rayon inférieur à 1.5 R_{dn} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes). Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs :

{14|Δδ| et R/9}.

Avec : **R** : rayon de courbure en (m).

Δδ : la différence des pentes transversales (%) des éléments du tracé raccordés.

Tel que : **|Δδ| = |δ1-δ0|**

- **δ_0** : la pente transversale initiale : **δ_0= -2.5 %.**
- **δ_1** : le dévers de la courbe **δ_1= 2.5%.**

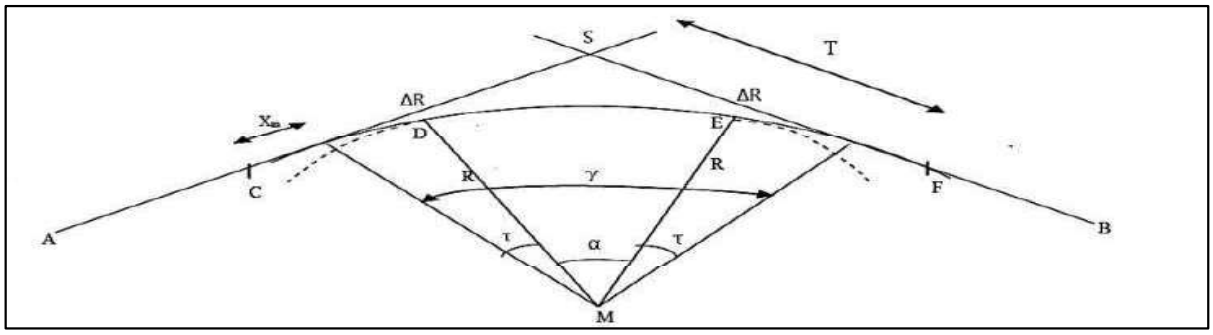


Figure IV-2 : paramètres de la clothoïde

Les éléments de la clothoïde sont :

- ✓ A : paramètre de la clothoïde , E : début de la clothoïde 2.
- ✓ R : rayon du cercle à l'abscisse curviligne , F : fin de la clothoïde 2.
- ✓ M : centre du cercle d'abscisse XM , τ : angle de tangente.
- ✓ C : début de la clothoïde 1. , σ : l'angle polaire.
- ✓ D : fin de la clothoïde 1. , ΔR : Ripage.

IV.5 Calcul manuel d'axe de tracé en plan :

- ✓ Après la vérification manuelle on a retrouvé les valeurs du calcul de logiciel.
- ✓ Le calcul d'axe est traité automatiquement à l'aide de logiciel Autopiste,

Les détails du calcul manuel de l'axe en plan présentés dans **l'annexe de géométrie de la route.**

IV.6 Démarche et conception de trace :

Le tronçon de la 4ème rocade d'Alger, s'étendant entre PK 23+000 et PK 34+000, est considéré comme le tronçon le plus difficile du projet en raison de sa situation en zone montagneuse et des travaux de terrassement complexes qu'il requiert. Cette rédaction vise à présenter une analyse comparative de trois solutions envisageables spécifiquement pour ce tronçon, afin d'identifier la plus appropriée en termes de minimisation des coûts tout en assurant l'efficacité du projet. En tenant compte de la minimisation des viaducs et de l'excavation de grandes quantités de déblais, de l'augmentation du nombre de viaducs et de la possibilité de remplacer les grands déblais par des tunnels.

- **Solution 1** : Minimisation des viaducs et excavation de grandes quantités de déblais
  - **Avantages de cette approche :**
    - Réduction des coûts liés à la construction des viaducs
    - Utilisation des matériaux disponibles sur place pour le terrassement
  - **Implications et défis :**
    - Gestion et élimination des déblais excavés
    - Impact environnemental de l'excavation de grandes quantités de déblais

- **Solution 2 :** Augmentation du nombre de viaducs et minimisation du terrassement
  - **Avantages de cette approche :**
  - Réduction du terrassement et des coûts associés
  - Adaptation aux contraintes géologiques et topographiques de la zone
  - **Implications et défis :**
  - Coûts de construction plus élevés dus à l'augmentation des viaducs
  - Nécessité d'une conception et d'une planification plus complexes
- **Solution 3 :** Minimisation des viaducs et remplacement des grands déblais par des tunnels
  - **Avantages de cette approche :**
  - Réduction des coûts de construction des ouvrages d'art
  - Utilisation de tunnels pour contourner les obstacles naturels
  - **Implications et défis** :
  - a. Coûts supplémentaires liés à la construction des tunnels
  - Évaluation de la faisabilité technique des tunnels dans la zone montagneuse

IV.7 Notre stratégie de travail :

Notre stratégie de travail repose principalement sur la solution numéro 1, qui vise à minimiser le nombre de viaducs tout en exploitant la rentabilité de ces structures.

Pour atteindre cet objectif, nous avons mis en place plusieurs mesures. Tout d'abord, nous avons utilisé la technique de rentabilisation dans les viaducs (en minimisant la hauteur des piles.

Nous sommes en mesure de diminuer les coûts associés à leur construction tout en respectant les exigences de sécurité.

De plus, nous avons cherché à minimiser la longueur des viaducs, ce qui contribue également à réduire les coûts. En analysant attentivement les contraintes et les spécificités du tronçon, nous avons optimisé la disposition des ouvrages d'art de manière à minimiser leur empreinte et à tirer parti de la configuration géographique du site.

Dans le même temps, nous avons opté pour l'extraction des grands déblais, d'une hauteur de 37 mètres. Cette approche nous permet de réduire les coûts de terrassement en utilisant les matériaux disponibles sur place, tout en minimisant l'impact environnemental en évitant le transport de grandes quantités de déblais.

La possibilité de déblayer sans contrainte. En effet, nous n'avons aucun obstacle tel que des habitations, des maisons ou des terrains agricoles qui limiteraient notre liberté de déblayer.

Cette situation avantageuse nous offre une flexibilité accrue dans la gestion des déblais pour ce tronçon du projet. Nous pouvons ainsi planifier et réaliser les travaux de terrassement de manière optimale, en extrayant librement les déblais de grande taille sans devoir faire face aux restrictions habituelles.

En revanche, nous avons décidé d'éviter la construction de tunnels de grande longueur (**L=1400 m**), qui peuvent s'avérer coûteux à réaliser et à entretenir. Nous avons également pris en compte les exigences techniques spécifiques liées aux techniques de soutènement dans notre sol et avons jugé préférable de les éviter afin de simplifier la construction et de réduire les risques associés.

✓ **RESUME :**

En résumé, notre stratégie de travail pour le tronçon le plus difficile de la 4ème rocade d'Alger se concentre sur la minimisation du nombre de viaducs, l'utilisation de la rentabilité des structures, la réduction de la hauteur et de la longueur des ouvrages, ainsi que l'extraction des grands déblais. Nous sommes convaincus que cette approche nous permettra de réaliser des économies significatives tout en garantissant la qualité et la sécurité du projet.

Les détails de trace sont présentés dans **l'annexe de géométrie de la route.**

Tableau IV.2 : description géométrique de la trace en plan

Localisation	Elément	Paramètres (m)
PK23+000 AU PK 23+442	Arc	R=1100
PK23+442 AU PK 25+454	Droite	L=2011.965
PK25+454 AU PK 26+050	Arc	R=1500
PK26+050 AU PK 26+371	Droite	L=321.368
PK26+371 AU PK 26+859	Arc	R=1000
PK26+859 AU PK 27+390	Droite	L=531.470
PK27+390 AU PK 27+795	Arc ; Clothoïde	R=900 ; Lc=100
PK27+795 AU PK 28+048	Droite	L=252.570
PK28+048 AU PK 28+692	Arc ; Clothoïde	R=700 ; Lc=77.78
PK28+692 AU PK 29+559	Droite	L=867.021
PK29+559 AU PK 29+942	Arc ; Clothoïde	R=750 ; Lc=83.340
PK29+942 AU PK 30+169	Droite	L=227.247
PK30+169 AU PK 30+905	Arc ; Clothoïde	R=700 ; Lc=77.78
PK30+905 AU PK 31+616	Droite	L=711,431
PK31+616 AU PK 32+292	Arc ; Clothoïde	R=800 ; Lc=88.89
PK32+292 AU PK 32+572	Droite	L=279.467
PK32+572 AU PK 33+004	Arc ; Clothoïde	R=750 ; Lc=83.34
PK33+004 AU PK 33+208	Droite	L=204.422
PK33+208 AU PK 34+004	Arc ; Clothoïde	R=650 ; Lc=72.23
Longueur totale de l'axe 11004.669 mètres		

ECHELLE 1/1600

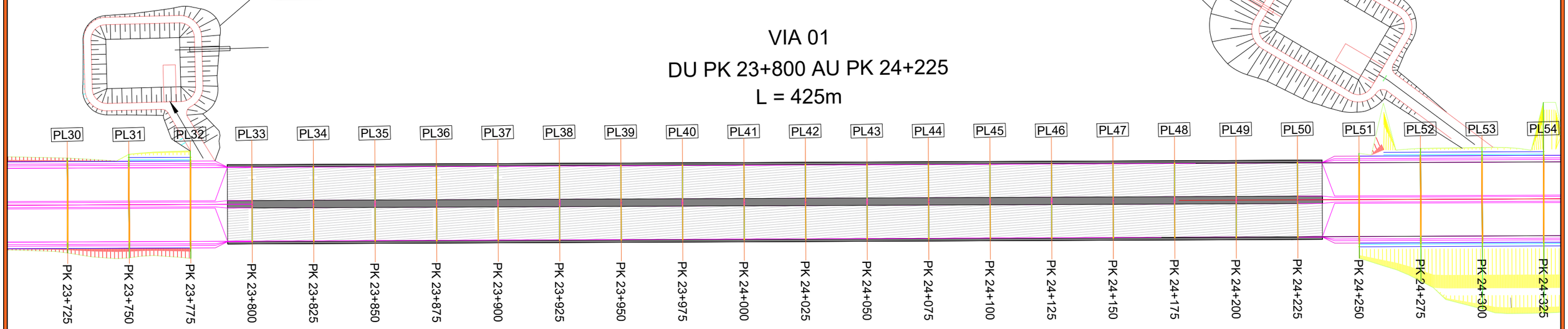
BASSIN DE DECANTATION

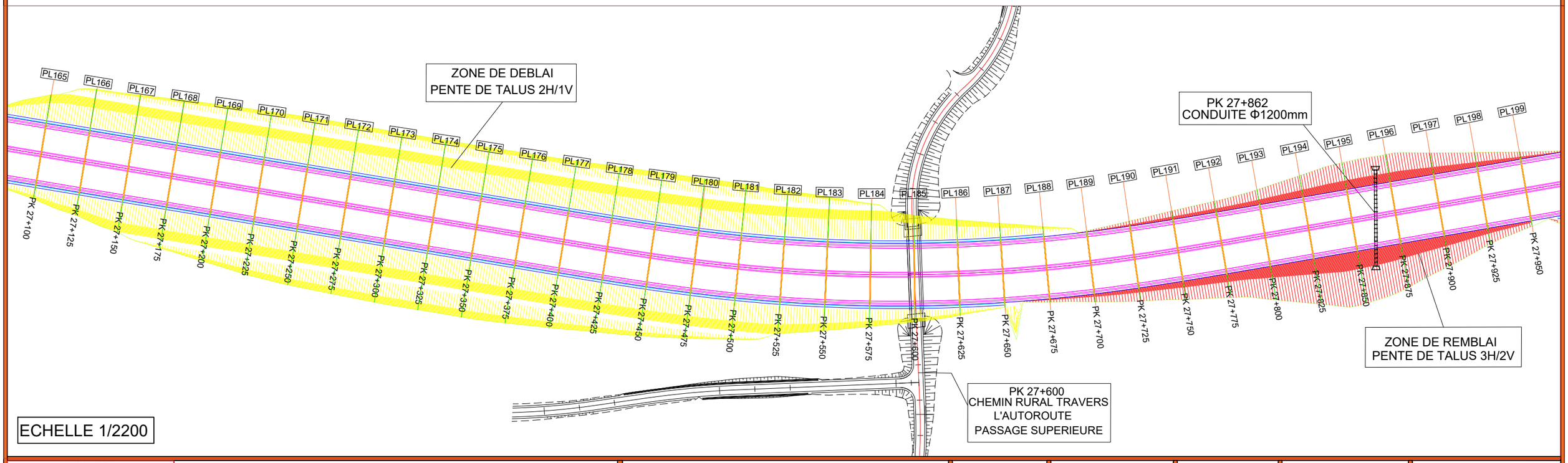
BASSIN DE DECANTATION

VIA 01

DU PK 23+800 AU PK 24+225

L = 425m





ECHELLE 1/2200

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	titre dePlanche 1	Année universitaire
ETUDE EN APD D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE LA 4EME ROCADE D'ALGER SUR 11KM DU PK 23+000 AU PK 34+000 AVEC LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR DE HENNACHA	CHEIKHAOUI AZOUNI	Mr.GOUMETTRE AHMED	1/1600 1/2200	TRACE EN PLAN DU PK 23+725 AU PK 24+325 DU PK 27+100 AU PK 27+950	2022 / 2023

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

V. PROFIL EN LONG :

V.1 Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours les d'assainissement.

On rapporte dans ce chapitre les conditions et les normes à respecter pour l'élaboration du profil en long. On présente les résultats élaborant.

V.2 Réglé et normes à 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 pour avoir le bon confort, la visibilité la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales.

V.3 Les paramètres du profil en long :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limités données selon L'ICTAAL 2015.

V.4 Normes géométrique adoptées :

D'après **L'ICTTAL 2015** et pour une route de catégorie **L2** on définit les paramètres suivants :

Tableau V-1 : Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie		**L2**
La vitesse	V_B (km/h)	110
Déclivité minimal Imin %	Imin %	0.5
Déclivité maximal Imax %	Imax %	6
Rayon minimal en angle saillant	Rm	6000
Rayon minimal en angle rentrant	Rm	3000

V.5 Le calcule manuel de profil en long :

- Après la vérification manuelle on a retrouvé les valeurs du calcul de logiciel.
- Le calcul d'axe est traité automatiquement à l'aide de logiciel Autopiste,
- Les détails du calcule manuel de profil en long sont donnés en annexe de la géométrie de la route

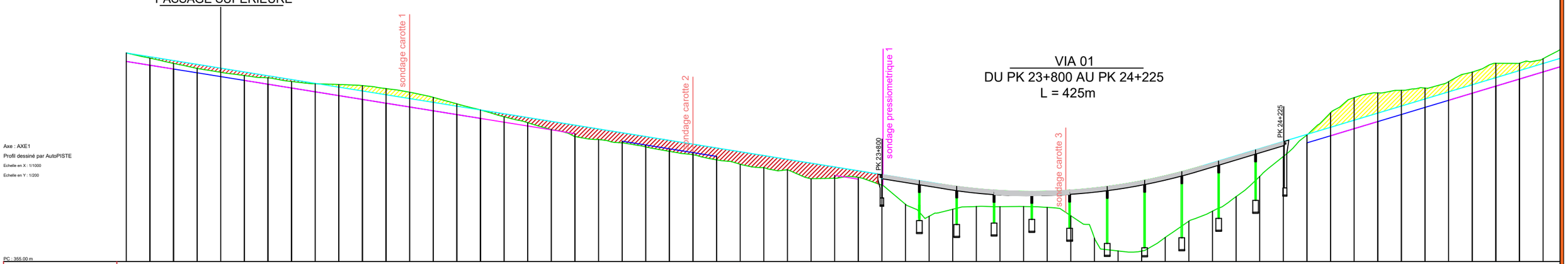
Les détails de trace sont présentés dans **l'annexe de géométrie de la route.**

Tableau IV.2 : description géométrique du profil en long

Localisation	Elément (Pente / Rayon)	Valeur
PK23+000 AU PK23+862	Pente	3.21 %
PK23+862 AU PK24+138	Raccordement parabolique	3000.000 m
PK24+138 AU PK25+475	Rampe	6.00 %
PK25+475 AU PK25+738	Raccordement parabolique	6000.000 m
PK25+738 AU PK26+824	Rampe	1.61 %
PK26+824 AU PK26+924	Raccordement parabolique	3000.000 m
PK26+924 AU PK27+383	Rampe	4.96 %
PK26+924 AU PK27+816	Raccordement parabolique	6500.000 m
PK27+816 AU PK28+380	Pente	1.71 %
PK28+380 AU PK28+439	Raccordement parabolique	3500.000 m
PK28+439 AU PK28+934	Pente	0.01 %
PK28+934 AU PK29+114	Raccordement parabolique	3000.000 m
PK29+114 AU PK29+602	Rampe	6.00 %
PK29+602 AU PK29+998	Raccordement parabolique	6000.000 m
PK29+998 AU PK30+980	Pente	0.62 %
PK30+980 AU PK31+178	Raccordement parabolique	3000.000 m
PK31+178 AU PK31+843	Rampe	6.00 %
PK31+734 AU PK31+956	Raccordement parabolique	6000.000 m
PK31+956 AU PK32+313	Rampe	4.11 %
PK32+313 AU PK32+368	Raccordement parabolique	3000.000 m
PK32+368 AU PK32+652	Rampe	5.96 %
PK32+652 AU PK33+119	Raccordement parabolique	6000.000 m
PK33+119 AU PK34+004	Pente	1.84 %
Longueur totale de l'axe 11004.669 mètre(s)		
Longueur développée totale de l'axe 11012.748 mètre(s)		

PK 23+100
CHEMIN DE WILLAYA 21
PASSAGE SUPERIEURE

VIA 01
DU PK 23+800 AU PK 24+225
L = 425m



Axe : AXE1
Profil dessiné par AutoPISTE
Echelle en X : 1/1000
Echelle en Y : 1/200

PC : 355.00 m

| | | |

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS

VI. PROFIL EN TRAVERS :

VI.1 INTRODUCTION :

Lors de la conception d'un projet routier, il est essentiel de prendre en compte de nombreux éléments afin de garantir une route sûre et fonctionnelle. L'un de ces éléments clés est le profil en travers, qui représente une section transversale de la route le long de son alignement.

Le profil en travers est un élément clé de la conception d'une route, car il permet de déterminer la largeur de la chaussée, la hauteur de la chaussée, la pente de la route, la hauteur des talus et les besoins en drainage. Il est également important pour s'assurer que la route s'adapte correctement à la topographie locale.

VI.2 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types des profils :

- **Profil en travers type :** Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblai, déblai ou mixte).
- **Profil en travers courant :** est une pièce de base dessinée dans les projets à distances régulières (10, 15, 20, 25m). Qui servent à calculer les cubatures.

VI.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

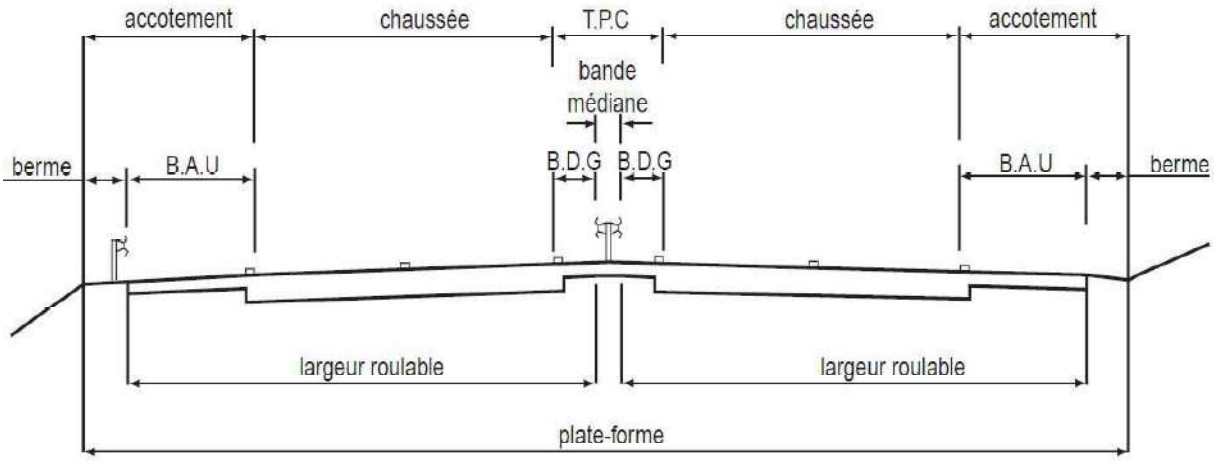


Figure VI-1 : Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

- ✓ **T.P.C**. : terre-plein central
- ✓ **B.A.U**. : bande d'arrêt d'urgence
- ✓ **B.D.G**. : bande dérasée de gauche

VI.4 Les normes de L'ICTAAL 2015 :

- **Chaussée :**

Chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50 m.

- **Terre-Plein Central (T.P.C.) :**

Le T.P.C. assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

✓ Bande dérasée de gauche (B.D.G.) : Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation, Sa largeur est de 1,00 m.

✓ Bande médiane : Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

- **Accotement :** L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) bordée à l'extérieur d'une berme.

✓ Zone de sécurité :

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la catégorie L1, et de 8,50 m pour la catégorie L2. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

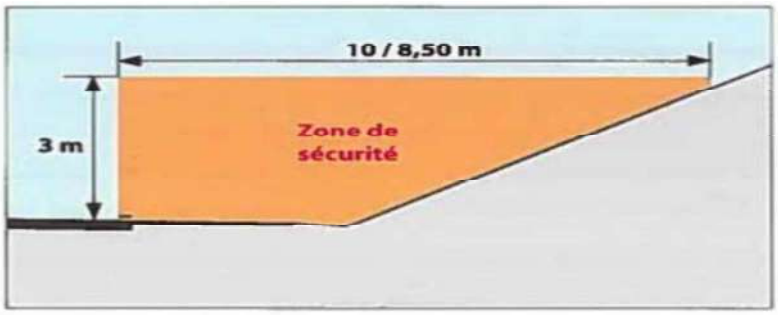


Figure VI-2 : Zone de sécurité en déblai.

- **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) :**

Sa largeur est de 2,50 m, ou de 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus).

- **La berme :**

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25 %.

- **Pentes Transversales :**

Dans notre cas tous les rayons de courbe sont supérieurs au **Rdn**

- **En alignement et en courbe au dévers normal :**

✓ 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 là sur largeur 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.

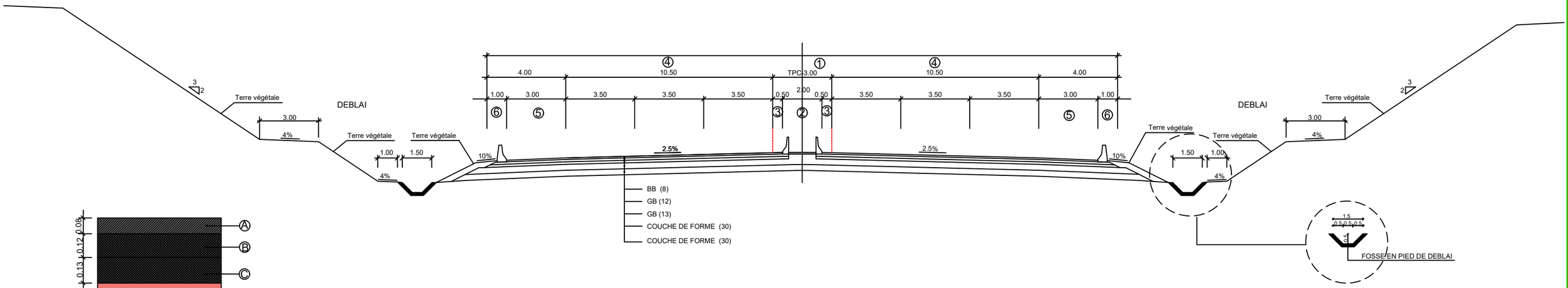
I.1 Application au projet :

D'après les normes de L'ICTAAL 2015, les éléments du profil en travers type de notre projet seront comme suit :

- ✓ Deux chaussées de trois (03) voies de **3.5m** chacune
- ✓ Un terre-plein central de **3m** avec :
  - Bande dérasé gauche BDG de **0.5 m**
  - Bande médiane de **2 m**
- ✓ Accotement de **4m** avec :
  - Une Bande d'Arrêt d'urgence de **3m**
  - Une berme de **1m**
- ✓ Pente de talus :
  - Remblais : **3 H : 2 V**
  - Déblais (PK 23+000 au PK 31+75) : **2 H : 1 V**
  - Déblais (PK 31+75 au PK 34+000) : **3 H : 2 V**
- ✓ Pente de la chaussée **2.5%**
- ✓ Pente de terre-plein central :
  - Bande dérasé gauche BDG : **2.5%**
- ✓ La largeur totale de notre plateforme de route et égale à **32m.**
- ✓ 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

Remarque : Les profils en travers courant de notre projet est joins dans **l'annexe de la géométrie de la route.**

PROFILE EN TRAVERS TYPE DE L'AUTOROUTE
CAS DEBLAI

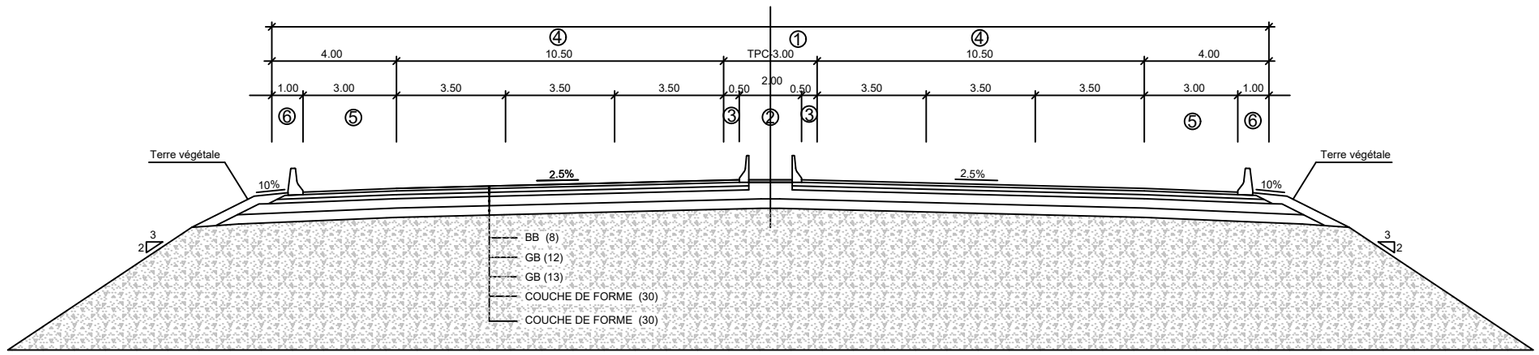


STRUCTURE DE CHAUSSEE
SECTION COURANTE

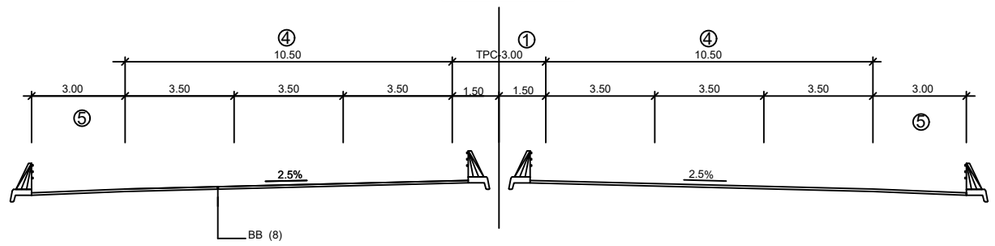
	les couches
Ⓐ	Béton bitumineux (BB) 8
Ⓑ	Grave bitumineux (GB)12
Ⓒ	Grave bitumineux (GB)13
Ⓓ	Couche de forme en TUF

LEGENDE:
①- TERRE-PLEINE CENTRALE
②- BANDE MEDIANE
③- BANDE DERASEE DE GAUCHE (B.D.G)
④- CHAUSSEE
⑤- BANDE D'ARRET D'URGENCE (B.A.U)
⑥- BERME

PROFILE EN TRAVERS TYPE DE L'AUTOROUTE
CAS REMBLAI



PROFILE EN TRAVERS TYPE DE L'AUTOROUTE
SUR VIADUC



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	titre de Planche 3	Année universitaire
ETUDE EN APD D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE LA 4EME ROCADE D'ALGER SUR 11KM DU PK 23+000 AU PK 34+000 AVEC LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR DE HENNACHA	CHEIKHAOUI AZOUNI	Mr.GOUMETTRE AHMED	1/200	PROFIL EN TRAVERS TYPE	2022 / 2023

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE

VII. ETUDE GEOTECHNIQUE :

VII.1 INTRODUCTION :

Une étude géotechnique routière est une étude technique qui permet de déterminer les caractéristiques géotechniques du sol et du sous-sol sur lesquels sera construite une route. Cette étude est essentielle pour la conception, la construction et l'entretien d'une route, car elle permet de prendre en compte les conditions géologiques et géotechniques qui peuvent affecter la stabilité et la sécurité de la route.

L'objectif principal de l'étude géotechnique routière est d'obtenir des informations précises sur les caractéristiques du sol telles que sa capacité portante, sa perméabilité, sa compressibilité, sa résistance et sa stabilité. Ces informations permettent de concevoir une route stable et durable qui résiste aux charges et aux contraintes liées à la circulation des véhicules et aux variations climatiques.

L'étude géotechnique routière se déroule généralement en plusieurs étapes, qui comprennent la collecte des données de base sur le terrain, la réalisation de sondages géotechniques, l'analyse des échantillons de sol, la modélisation des paramètres géotechniques.

VII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

- Évaluation de la capacité portante du sol
- Identification des risques géotechniques
- Sélection des matériaux de construction
- Évaluation de la stabilité des pentes
- Etude de la possibilité de réutilisation des matériaux de déblai en remblai.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée.

VII.3 CONTENU DE LA COMPAGNE GEOTECHNIQUE :

- Évaluation de la zone d'étude : Cette étape consiste à recueillir des informations sur la zone d'étude, telles que la topographie, la géologie, l'hydrologie, les précipitations, etc.
- Reconnaissance du terrain : Cette étape consiste à réaliser des investigations sur le terrain pour déterminer la composition et les caractéristiques du sol et du sous-sol. Les investigations peuvent inclure des sondages, des essais de laboratoire, des essais in situ, etc.

- Analyse des données : Les données recueillies sont ensuite analysées pour déterminer les caractéristiques géotechniques du sol et du sous-sol, telles que la résistance à la compression, la densité, la perméabilité, etc.
- Conception : En utilisant les données obtenues à partir de l'analyse, les ingénieurs peuvent concevoir la route en prenant en compte les caractéristiques géotechniques du sol et du sous-sol. Ils peuvent également concevoir des fondations pour les structures de la route telles que les ponts, les murs de soutènement, etc.

VII.4 APPLICATION AU PROJET :

VI.4.1 Évaluation de la zone d'étude :

L'image satellite de la zone d'étude est présentée dans la Figure suivant :



Figure VII-1 : La zone d'étude pk 23+000 au pk 34+000

VI.4.1.1 Géologie de l'itinéraire :

De PK**23+000** au PK **30+500** Les terres sont de Néogène (Miocène et Pliocène). La terre avec les autres faunes de vertébrés de Miocène est la structure principale du bassin Néogène du Cheliff, avec une lithologie variée constituée essentiellement de marnes et de grès et des grès massifs, formant les sommets de collines et certains massifs tels que le massif de Gountas, et quelques plateaux comme celui de Médéa. Les marnes parfois grumeleuses jaunâtres sont surmontées par des marnes, avec le passé et des lentilles de grès aux sites d'enfouissement de conglomérat. Pour arriver au sommet des bancs de grès grossier métrique de quelques dizaines de mètres d'épaisseur. Ce sont des marnes avec d'autres faunes de vertébrés du Miocène M3, et de grès M4 des auteurs (Roman, 1975).

Le Miocène est surmonté par les conglomérats mous, pour cimenter le Pliocène argilo sableux discordant et le grès ensemble avec d'autres faunes de vertébrés du Miocène et de grès sableux du même âge.

Après le PK 30 + 500, en dessous du Miocène formé par des grès, les argiles et les marnes arrivent au Crétacé inférieur schisteux du Crétacé (Albien inférieur et moyen) ce sont des schistes et des quartzites de grès des faciès flysch. Dans les endroits où des quartzites sont dominants, ils forment des crêtes et des collines alignées.

VI.4.1.2 La Sismicité :

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité.

La valeur du coefficient d'accélération -A- est déterminée conformément à la relation suivante entre le groupe d'encadrement de l'ouvrage et la zone sismique correspondante.

Tableau VII-1 : Coefficient d'accélération (A)

GROUPE	ZONE			
	I	II A	II B	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

Le site étudié se situe dans la zone II b/II a qui correspondà une zone de sismicité moyenne, la section autoroutière Khemis Miliana-Berrouaghia est considérée comme un ouvrage de grande importance (groupe 2)., donc classé catégorie S2, et à partir de ces données, le coefficient d'accélération : A=0.25 g depuis le début jusqu'à la fin du tracé.

VI.4.1.3 Hydrogéologie :

L'hydrogéologie autant superficielle que souterraine, suppose un élément important dans n'importe quel projet de routes. La présence de ruissellements superficiels et d'eaux en sous surface peut engendrer les problèmes suivants :

- Problèmes dans l'appui et la stabilité de remblais dans des zones avec un drainage naturel déficient.
- Stabilités des talus engendrant des ruptures par pression hydrostatique et ramollissement des couches.
- Diminution de la capacité portante, des assises et des ruptures dans les sols mous.

Du point de vue hydrogéologique, il n'existe pas de zones spécialement dangereuses.

VI.4.2 Prospection Géotechnique :

L'analyse de tous les travaux de prospection a permis une meilleure connaissance géotechnique des terrains et ainsi on peut donner un aperçu des conditions d'exécution des terrassements et des aspects relatifs aux matériaux de construction.

La campagne de prospection a inclus l'exécution, des tests de pressiomètre, des puits de reconnaissance avec prélèvement d'échantillons remaniés, et de sondages carottés. Des essais de laboratoire sur des échantillons remaniés ont été aussi réalisés.

VI.4.2.1 Présentation des essais du projet :

VI.4.2.1.1 Les essais in situ :

Les essais in-situ sont une partie importante d'une étude géotechnique d'un tronçon routier. Ces essais permettent de caractériser les propriétés du sol et de la roche directement sur site, et de mieux comprendre leur comportement sous des charges et des contraintes spécifiques.

Voici quelques d'essais in-situ couramment utilisés dans notre projet :

a. Sondages Carottes :

Les sondages ont été réalisés aux lieux des moyens/grands déblais, afin d'étudier les conditions d'excavation, la stabilité des pentes de talus et de permettre l'identification de la nature des différents matériaux traversés envisageant leur réutilisation en remblai, PST et CDF, et des grands remblais, afin définir le profil géologique et d'étudier les conditions d'assise.

L'exécution des sondages a permis le prélèvement d'échantillons intacts pour des essais ultérieurs au laboratoire (d'identification et de caractérisation géo mécanique).

Dans le tableau d'aperçu des sondages se présentent tous les travaux réalisés.

Tableau VII-2 : Les résultats obtenus dans les sondages carottés

Sondage	PK	Zone	Prof (m)	Nature géologique	
SC-01	23+300	DEBLAIS	15	0.0-8.7	Argile
				8.7-15	Alluvions
SC-02	23+600	REMBLAIS	20	0.0-6.8	Argile
				6.8-20	Alluvions
SC-03	24+000	VIADUC	25	0.0-0.7	Terre végétale
				0.7-12.7	Limon
				12.7-25	Alluvions
SC-04	25+500	GRAND DEBLAIS	20	0.0-1.0	Argile
				1.0-5.0	Limon
				5.0-12	Alluvions
				12.0-20	Marne

SC-05	26+475	GRAND DEBLAIS	17.5	0.0-0.5	Terre végétale
				0.5-5.8	Grés
				5.8-17.5	Galets
SC-06	26+900	GRAND REMBLAIS	28.3	0.0-2.8	Argile
				2.8-8.85	Grés
				8.85-28.3	Marne
SC-07	27+500	GRAND DEBLAIS	8.85	0.0-2.0	Terre végétale
				2.0-8.85	Alternance
SC-08	27+850	GRAND REMBLAIS	5.10	0.0-2.0	Terre végétale
				2.0-5.10	Alternance
SC-09	28+400	GRAND REMBLAIS	25	0.0-0.6	Terre végétale
				0.6-9.3	Sable altérée
				9.3-25	Alternance
SC-10	28+550	GRAND DEBLAIS	18	0.0-0.5	Terre végétale
				0.5-14.0	Sable Limoneux et Grés
				14.0-18	Marne
SC-11	28+900	VIADUC	25.31	0.0-17.9	Sable
				17.9-22	Argile
				22-25.31	Sable
SC-12	29+715	GRAND DEBLAIS	38.6	0.0-1.8	Limon
				1.8-14.7	Sable
				14.7-38.6	Grés
SC-13	30+885	VIADUC	19.7	0.0-8.7	Argile
				8.7-19.7	Marne
SC-14	31+625	GRAND REMBLAIS	21.8	0.0-1.1	Terre végétale
				1.1-21.8	Pélite
SC-15	32+225	VIADUC	21	0.0-3.5	Pélite
				3.5-7.2	Pélite
				7.2-12	Quartzite
				12.0-21	Pélite
SC-16	32+550	GRAND DEBLAIS	30	0.0-3.5	Pélite
				3.5-7.2	Pélite
				7.2-12	Quartzite
				12.0-30	Pélite
SC-17	33+400	GRAND REMBLAIS	23.5	0.0-1.5	Colluvion
				1.5-9.0	Pélite Altérée
				9.0-23.5	Pélite
SC-18	33+800	GRAND REMBLAIS	20	0.0-0.7	Pélite Altérée
				0.7-20	Pélite

De l'analyse des résultats des sondages carottés, on se vérifie que :

- L'eau n'a pas été détectée dans les sondages (trous secs).
- La profondeur moyenne des forages réalisés a été de 22 mètres. Ces profondeurs varient de 5.1 mètres du SC-08 à 38.6 m du SC-12
- La perforation des sondages a permis de vérifier la géologie de terrain existante.

b. Puits De Reconnaissance :

5 puits de reconnaissance ont été excavés. Ces puits ont eu le but d'observer directement en profondeur la nature des formations occurrentes, évaluer l'épaisseur de sols de mauvaise qualité à décaper, déterminer l'épaisseur de terre végétale, détecter le niveau d'eau et prélever des échantillons remaniés pour identification et caractérisation géotechnique en laboratoire.

Ils ont atteint 1.4 - 4.0 m de profondeur, correspondant au maximum de la longueur du bras + flêche de la pelle mécanique utilisée. Cette profondeur est jugée suffisante.

Dans le Tableau suivant on présente un aperçu des résultats obtenus dans les puits de reconnaissance

Tableau VII-3 : Les résultats obtenus dans les puits de reconnaissance

Puit n°	Localisation	ZONE	Prof. collecte de l'échantillon (m)	Profond max (m)	Prof (m)	Nature Lithologique
P-01	25+150	DEBLAIS	0,2-1,5	3,7	0,0-0,2	Terre végétale
					0,2-1,5	Argile
					1,5-3,7	Limon
P-02	26+300	DEBLAIS	0,2-1,5	2,8	0,0-0,2	Terre végétale
					0,2-2,8	Limon
P-03	27+400	DEBLAIS	0,4-1,5	3,7	0,0-0,2	Terre végétale
					0,2-1,6	Argile
					1,6-3,7	Marne
P-04	29+550	DEBLAIS	0,4-1,7	3.7	0,0-0,4	Terre végétale
					0,4-1.6	Limon
					1.6-3.7	Marne
P-05	32+625	DEBLAIS	1,0-3,0	3	0,0-1.0	Terre végétale
					1,0-3,0	Marne

- **NIVEAUX D'AEU :**

Les informations des puits pour les niveaux d'eau souterraine sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau VII-4 : Résultats des mesures de niveau d'eau

SONDAGE	PK	NIVEAUX D'AEU SOUTERRAIN (M) 18.05.2016	NIVEAUX D'AEU SOUTERRAIN (M) 21.05.2016	NIVEAUX D'AEU SOUTERRAIN (M) 25.05.2016
P-01	25+150	13,48	13,55	13,54
P-02	26+300	7,65	7,86	7,94
P-03	27+400	6,95	7,05	6,98
P-04	29+550	Pas d'eau	Pas d'eau	Pas d'eau
P-05	32+625	Pas d'eau	Pas d'eau	Pas d'eau

De l'analyse des résultats des puits de reconnaissance, on vérifie que :

- Lors de l'ouverture des puits de reconnaissance la nappe phréatique fut détectée dans le puit P-01 (13,5 m) ;
- Dans les puits de reconnaissance, la surface végétale a présenté des épaisseurs allant de 0,1 et 1.0 m, avec une moyenne de 0.4 m
- Nous avons extrait des Marne, dans le P-04 et P-05
- Dans le reste des puits (P-01, P-02 et P-03), nous avons obtenu des proportions variables de limon et argile

c. Essais Pressiométrique

L'objectif de l'essai pressiométrique est d'obtenir une relation contrainte-déformation du terrain in situ, de sorte qu'on puisse calculer le module de déformation pressiométrique du terrain.

Résultats Des Essais Pressiométrique Dans le tableau 05 :

Tableau VII-5 : Résultats Des Essais Pressiométrique

SONDAGE	PK	ZONE	PROF max (M)	PROF. (M)	RESULTAT	
					E (BARS)	PL (BARS)
SP-01	23+800	Viaduc	23	2	227.00	13.50
				6	217.00	16.50
				10	221.00	15.6
				14	138.00	24.00
				16	214.00	17.5
				18	205.00	18.50
				20	356.00	18.00
				22	207.00	19.00

SP-02	28+775	Viaduc	12	2	481.47	35.76
				4	308.15	30.61
				6	517.04	37.97
				8	379.53	49.19
				10	458.63	47.84
				12	559.47	48.99
SP-03	30+750	Viaduc	12	2	330	30.6
				4	311	44.5
				6	626	>50
				8	1221	>50
				10	934	>50
				12	1684	>50
SP-04	32+150	Viaduc	12	2	246	36.2
				4	265	22
				6	181	25.8
				8	2170	>50
				10	3489	>50
				12	2294	>50

VI.4.2.1.2 ESSAIS AU LABORATOIRE :

Les échantillons de sol et de roche collectés lors des essais in-situ seront testés en laboratoire pour déterminer leurs propriétés physiques, mécaniques et chimiques,

- Voici les différents essais au laboratoire couramment utilisés dans notre projet :

a. Essais permettant de déterminer les paramètres de nature des sols(Identification)

- L'analyse granulométrique
- La détermination des limites d'Atterberg, Indice de plasticité (Ip)
- Teneur en eau naturelle (Wn)
- La valeur au bleu de méthylène (VBS)
- L'équivalent de sable (ES)
- L'indice de portance pour l'identification des sols en vue d'un dimensionnement de chaussée.

Les résultats des tests sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII-6 : Résultats des essais relatifs aux puits de reconnaissances.

Sondage	PK	Prof(m)	Propriétés physiques (%)			Limites d'Atterberg (%)			VBS	Granulométrie (%)		
			Wn	ES	IC	WL	WP	IP		Dmax (mm)	<0.02 mm	<80 µm
P-01	25+100	0.2-1.5	18.8	1	1.13	51.5	22.5	29	2.5	8	98	76
P-02	26+300	0.2-1.5	4.1	20	2.17	20.6	13	7.6	1	50	76	27
P-03	27+400	0.4-1.5	19.6	1	0.97	52.6	18.5	34.1	4	2	100	96
P-04	29+550	0.4-1.7	19	1	0.93	34.4	17.8	16.6	2.75	5	100	97
P-05	32+625	1,0-3,0	6.6	/	/	/	/	/	1.14	/	/	/

Tableau VII-7 : Résultats des essais physiques relatifs aux sondages carottés.

S	PK	Prof(m)	Propriétés physiques (%)			Limites d'Atterberg (%)			VBS	Granulométrie (%)		
			Wn	ES	IC	WL	WP	IP		D mm	<0.02 mm	<80 µm
SC-01	23+300	3.4-4	25.8	0.58	1.09	55.16	27.02	28.14	4.46	/	100	93
SC-02	23+600	2-2.5	/	2.04	1.89	46.14	21.78	24.36	3.53	10	97.65	74
SC-03	24+000	11.5-11.9	24.09	/	1.03	49.79	24.83	24.96	/	/	/	/
SC-04	25+500	7-7.5	20.4	/	/	51.1	26.5	24.6	/	/	/	/
SC-05	26+475	13-13.5	25.4	/	/	60	30.8	29.2	/	/	/	/
SC-06	26+900	3.4-3.8	17.3	/	/	47.2	23.2	24	/	/	/	72
SC-07	27+500	2.8-8.85	13.7	/	1.49	64.3	30.4	33.9	6.5	/	98	78
SC-08	27+850	5.5-5.7	29.1	1.77	1.12	79	34	45	9.6	/	100	98
SC-09	28+400	0.6-9.3	/	/	2.01	46	23	23	23	3	94	71
SC-09	28+400	6.6-6.85	20.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-10	28+550	0.5-14	18.8	/	0.45	20.94	16.14	4.8	0.92	/	97	33
SC-11	28+900	20	12.4	/	/	24	13	11	/	/	99	42
SC-12	29+715	36.3-36.8	23.8	/	/	57.7	22.7	35	/	/	/	97
SC-13	30+885	7.2-7.35	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-14	31+625	16.5-17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-15	32+225	15.4-15.7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-16	32+550	27.1-27.3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-17	33+400	4.6-5	16.64	/	/	/	/	/	/	/	/	36
SC-18	33+800	3.25-3.55	12.9	/	1.54	51	26	25	2.13	/	93	76

b. Les essais de détermination des paramètres de compactage

- ✓ Essai Proctor (normal et modifie)
- ✓ L'indice de portance (CBR)

Les résultats des tests sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII-8 : Résultats des essais de compactage relatifs aux puits de reconnaissance

Sondage	PK	Prof(m)	Proctor Modifie		Proctor Normal		CBR Imbibe	
			γdmax (Kn/m3)	Wopt (%)	γdmax (Kn/m3)	Wopt (%)	CBR (%)	portance
P-01	25+100	0.2-1.5	17.1	17.5	/	/	/	/
P-02	26+300	0.2-1.5	20.1	9.5	/	/	62.1	S0
P-03	27+400	0.4-1.5	17.7	16.4	/	/	/	/
P-04	29+550	0.4-1.7	18.9	11	17.1	16.5	2.5	S4
P-05	32+625	1.0-3.0	/	/	/	/	/	/

c. Les essais de détermination des paramètres de comportement mécanique

- ✓ Essai œdométrique
- ✓ Essai de cisaillement
- ✓ Essai de compression simple

Les résultats des tests sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII-9 : Résultats des essais mécaniques relatifs aux sondages carottés.

S	PK	Prof(m)	Œdométrique				Compression			Cisaillement	
			σc (kpa)	Cc (%)	Cs (%)	Cg (%)	γh (Kn/m3)	γd (Kn/m3)	RC (MPA)	C (bar)	Φ(°)
SC-01	23+300	3.4-4	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-02	23+600	2-2.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-03	24+000	11.5-11.9	/	/	/	/	20.2	16.2	22.46	/	/
SC-04	25+500	7-7.5	/	/	/	/	/	16.3	/	0.6	21.4
SC-05	26+475	13-13.5	/	/	/	/	/	16.5	/	1	17
SC-06	26+900	3.4-3.8	/	/	/	/	/	20.5	/	/	/
SC-07	27+500	2.8-8.85	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-08	27+850	5.5-5.7	2.1	36.1	/	8.8	/	14.3	/	/	/
SC-09	28+400	0.6-9.3	/	/	/	/	/	/	4.34	/	/
SC-09	28+400	6.6-6.85	/	/	/	/	21.9	18.2	2.06	/	/

SC-10	28+550	0.5-14	/	/	/	/	/	/	/	/	/
SC-11	28+900	20	2.46	0.09	0.02	0.01	21.8	19.4	/	0.25	25
SC-12	29+715	36.3-36.8	/	/	/	/	/	18.3	/	/	/
SC-13	30+885	7.2-7.35	/	/	/	/	/	26.5	19.5	/	/
SC-14	31+625	16.5-17	/	/	/	/	/	/	34.5	/	/
SC-15	32+225	15.4-15.7	/	/	/	/	/	/	65.0	/	/
SC-16	32+550	27.1-27.3	/	/	/	/	/	26.7	44.4	1.25	30
SC-17	33+400	4.6-5	/	/	/	/	/	17.8	0.39	/	/
SC-18	33+797	3.25-3.55	/	/	/	/	/	/	/	0.48	21

d. Les essais chimiques :

Les résultats des tests chimiques sont indiqués dans les tableaux ci-dessous :

Tableau VII-10 : Résultats des essais chimiques relatifs aux puits de reconnaissances.

Sondage	PK	Profondeur	% sulfates	% sels solubles	% MO
P-02	26+300	0.2-1.5	1.3	0.52	3.45
P-04	29+550	0.4-1.7	Trace	0.46	3.89

Tableau VII-11 : Résultats des essais chimiques relatifs aux sondages carottés.

Sondage	PK	Profondeur	% sulfates	%carbonates	%chlorures	% MO
SC-03	24+000	11.5-11.9	TRACES	24.6	0.14	0.83
SC-04	25+500	5.6-5.9	TRACES	21.32	0.14	0.41
SC-09	28+400	6.6-6.85	TRACES	21	TRACES	0.31
SC-14	31+625	1.1-12	TRACES	TRACES	TRACES	/

VI.4.2.2 Classification géotechnique des sols

a) La classification LCPC

Cette classification utilise les résultats fournis par la granulométrie et les limites d'ATTERBERG, ainsi quelques essais complémentaires.

Les résultats de Classifications LCPC sont indiqués dans les tableaux ci-dessous :

Tableau VII-12 : Résultats de la classification LCPC pour les puits de reconnaissance.

Sondage	PK	Profondeur	Dmax	IP %	WL %	Classification LCPC	Nature Du Sol
P-01	25+100	0.2-1.5	8	29	51.5	SC	Sable argileux
P-02	26+300	0.2-1.5	50	7.6	20.6	SC	Sable argileux
P-03	27+400	0.4-1.5	2	34.1	52.6	At	Argile très plastique
P-04	29+550	0.4-1.7	5	16.6	34.4	Ap	Argile peu plastique
P-05	32+625	1.0-3.0	/	/	/	/	/

Tableau VII-13 : Résultats de la classification LCPC pour les sondages carottés.

S	PK	Profondeur	%<0.02 mm	IP (%)	WL (%)	Classe LCPC	Nature Du Sol
SC-01	23+300	3.4-4	100	28.14	55.16	**At**	Argile très plastique
SC-02	23+600	2-2.5	97.65	24.36	46.14	**Ap**	Argile peu plastique
SC-03	24+000	11.54-11.87	/	24.96	49.79	/	/
SC-04	25+500	7-7.5	/	24.6	51.1	/	/
SC-05	26+475	13-13.5	/	29.2	60	/	/
SC-06	26+900	3.4-3.8	/	47.2	24	/	/
SC-07	27+500	2.8-8.85	98	33.9	64.3	**At**	Argile très plastique
SC-08	27+850	5.5-5.7	100	45	79	**At**	Argile très plastique
SC-09	28+400	0.6-9.3	94	46	23	**Ap**	Argile peu plastique
SC-09	28+400	6.6-6.85	/	/	/	/	/
SC-10	28+550	0.5-14	97	4.8	20.94	**SC-SM**	Sable argileux-limoneux
SC-11	28+900	20	99	11	24	**Ap**	Argile peu plastique
SC-12	29+715	36.3-36.8	/	35	57.7	**At**	/
SC-13	30+885	7.2-7.35	/	/	/	/	/
SC-14	31+625	16.5-17	/	/	/		/
SC-15	32+225	15.4-15.7	/	/	/	/	/
SC-16	32+550	27.1-27.3	/	/	/	/	/
SC-17	33+400	4.6-5	/	/	/	/	/
SC-18	33+800	3.25-3.55		25	51	**At**	Argile très plastique

b) La classification GTR :

Les résultats de Classifications GTR sont indiqués dans les tableaux ci-dessous :

Tableau VII-14 : Résultats de la classification GTR pour les puits de reconnaissances.

S	PK	D max	%<80 µm	IP %	Classe GTR	Nature Du Sol	Etat hydrique
P-01	25+100	8	76	29	**A3m**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...	Humide moyenne
P-02	26+300	50	27	7.6	**B5ts**	Sableset graves très silteux.	Très sec
P-03	27+400	2	96	34.1	**A3h**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques.	Humide
P-04	29+550	5	97	16.6	**A2h**	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes.	Humide
P-05	32+625	/	/	/	/	/	/

C'est la seule classification présentant un réel intérêt pratique et utilisé dans les travaux de terrassement.

Tableau VII-15 : Résultats de la classification GTR pour les sondages carottés.

Sondage	PK	D max	%<80 µm	IP %	Classification GTR	Nature Du Sol	Etat hydrique
SC-01	23+300	/	93	28.14	**A3m**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques.	Humide moyenne
SC-02	23+600	10	74	24.36	**A2ts**	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes	Très sec
SC-03	24+000	/		24.96	/	/	/
SC-04	25+500	/		24.6	/	/	/
SC-05	26+475	/		29.2	/	/	/
SC-06	26+900	/	72	24	/	/	/
SC-07	27+500	/	78	33.9	**A3ts**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques.	Très sec
SC-08	27+850	/	98	45	**A4**	Argiles et argiles marneuses, très plastiques.	/
SC-09	28+400	3.06	71	23	**A2**	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes...	/
SC-09	28+400	/		/	/	/	/
SC-10	28+550	/	33	4.8	**B5**	Sableset graves très silteux	/
SC-11	28+900	/	42	11	**A1**	Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...	/
SC-12	29+715	/	97	35	**A3**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques.	/
SC-13	30+885	/	/	/	**R3**	Pélite	/
SC-14	31+625	/	/	/	**R3**	Pélite	/
SC-15	32+225	/	/	/	**R3**	Pélite	/
SC-16	32+550	/	/	/	**R3**	Pélite	/
SC-17	33+400	/	36	/	**R3**	Pélite	/
SC-18	33+800	/		25	**A2ts**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques.	Très sec

- Les abaques de classification (LCPC et GTR) est joins dans **l'annexe II.**

VI.4.2.3 Matériaux de Remblais

Une importante partie des matériaux résultant des excavations des déblais pourra être utilisée dans la construction des remblais, dès qu'appliqués de forme appropriée. La réutilisation des matériaux des déblais devra être menée avec soin et on devra suivre toujours les recommandations constantes au GTR, en particulier en ce qui concerne l'état hydrique des sols, tel comme mentionné ci-avant.

Pour la formation des remblais du tracé, on a prévu l'utilisation de matériaux provenant de l'excavation des déblais.

Les Alternance de pélites schistosées (flysch) peuvent être considérées comme des matériaux rocheux (matériaux classés R au sens du GTR.

Les Alluvions fines essentiellement argileuses (matériaux classés A au sens du GTR) et ne donneront pas de remblais de bonne qualité.

Les matériaux restants sont marneux.

Les matériaux classés A3, A2 au sens du GTR ne sont pas adéquates à la formation de remblais de bonne qualité.

Les matériaux situés entre les PK28+400 et PK 29+700 qui peuvent être utilise comme matériaux de remblais de bonne qualité pour notre projet

Les quantités de matériaux disponibles dans le tronçon de PK28+400 au PK 29+700 sont estimées à être en adéquation avec les volumes nécessaires pour le remblaiement de notre projet

1. Calcul du tassement de la fondation des remblais

L'évaluer l'ordre de grandeur des tassements prévisibles du sol sous les surcharges (charge transmise par les remblais) a été calculée grâce à la formule de Meyerhof (1965) pour des terrains granuleux :

$$\boldsymbol{\delta = \frac{20.8 * q * cd}{N} \left(\frac{B}{B + 0.3}\right)^2}$$

- ✓ δ = tassement du sol en cm
- ✓ B= largeur d'appui, où : $\left(\frac{B}{B+0.3}\right)^2 = 1$
- ✓ N = Nspt coups
- ✓ q = charge appliquée-poids du remblai (kg/cm2)
- ✓ Cd = coefficient de correction par encastrement. Où Cd = 1

Pour des sols argileux pré-consolidés et des matériaux rocheux, le calcul est effectué par la méthode de Skempton et Bjerrum :

$$\boldsymbol{\delta = \frac{q * B(1 - \upsilon^2)}{E}}$$

- ✓ δ = tassement du sol en cm
- ✓ q = charge appliquée-poids du remblai (kg/cm2)
- ✓ B= largeur de la base B = 3000 cm
- ✓ E = Module de l'élasticité Où E = 500 c, c étant la cohésion

Le tableau suivant présente les résultats du calcul pour tous les remblais avec des hauteurs supérieurs à 9 m.

Tableau VII-16 : Les résultats de tassement

LOCALISATION	H max	TERRAIN D'APPUI	METHODE	q	N SPT	E	δ
26+875 - 27+75	9.95	Argile et marne	Meyerhof	1.8905	13	400	3.0248
27+675 - 27+975	15.14	Argile et grès	Meyerhof	2.8766	31	400	1.93
28+200 - 28+400	16.47	Argile et marne	Meyerhof	3.1293	50	400	1.3
33+300 - 33+525	10.43	Pélite	Skempton et Bjerrum	1.9817	60	4482	0.6869
33+625 - 33+800	17.67	Pélite	Skempton et Bjerrum	3.3573	60	5559	1.1638

Remarque :

Pour l'utilisation des matériaux en remblai, il faut respecter la condition du pourcentage de la matière organique (%MO) qui doit être inférieur à 3% sinon on aura des problèmes de tassement à long terme, qui peuvent engendrer des dégâts énormes sur la chaussée et en général sur la route plutôt. Pour notre cas on note que la majorité du sol prélevés du site ont un pourcentage qui est inférieur à 3%

2. Conditions de Réutilisation des matériaux en remblais :

Les conditions d'utilisation en remblai pour les différents sols de notre projet et qui sont tirés de la classification sont joints d'après le fascicule (GTR) dans **L'annexe de géotechnique**

3. Recherche des dépôts :

Les matériaux inutilisables et les terres végétales décapées devront être transportés et déchargés aux dépôts. Il est impératif de distingue le dépôt provisoire à celle du définitif. Les couches en terre végétale et en matériaux réutilisables devront être conduites aux dépôts provisoires soit pour l'ultérieur revêtement des talus de déblais ou de remblais, soit pour réutilisation en remblai. Les matériaux impropres à la réutilisation et au revêtement nécessitent la mise en dépôt définitif.

Il est préférable que les dépôts soient à proximité du tracé autant que possible et en priorité sur des terrains publics en premier lieu.

- Les zones de dépôt de notre projet :

- Zone de dépôt 01 : PK 26+000 coté droite de l'emprise (200 m après l'emprise)
- Zone de dépôt 02 : PK 30+600 côté gauche de l'emprise (100 m après l'emprise)
- Zone de dépôt 03 : PK 34+035 côté gauche de l'emprise (300 m après l'emprise)

Nous pouvons placer les 10 millions de matériaux de déblais dans ces trois zones de dépôt, qui sont largement suffisantes et en plus gratuites et autorisées par l'État.

4. Sol support :

D'après les résultats du rapport de l'Etude géotechnique réalisé on a :

Tableau VII-17 : Résultats sur sol support.

PK	CBR	Portance (MPA)	Classe de sol	Classe de portance de sol support visée	Couche de forme (cm)
24+520	1.28	6.4	S4	S2	60
24+580	1.63	8.15	S4	S2	60
24+620	2.6	13	S4	S2	60
24+660	0.5	2.5	S4	S2	60
24+880	3.51	17.55	S4	S2	60
24+960	2.33	11.65	S4	S2	60
25+080	2.16	10.8	S4	S2	60
25+160	2.81	14.05	S4	S2	60
25+180	2.42	12.1	S4	S2	60
28+000	2.5	12.5	S4	S2	60

Interprétation Des Résultat :

Lorsque les valeurs de CBR sont faibles, il peut être possible de construire une infrastructure stable en utilisant le sol existant, mais en appliquant des techniques de renforcement du sol ou de stabilisation.

Les solutions pour augmenter la résistance du sol peuvent inclure :

- La stabilisation du sol : en ajoutant un liant, tel que le ciment, la chaux, le calcaire, etc., au sol existant pour augmenter sa résistance. Le sol est ensuite compacté pour fournir une base solide.
- L'ajout de matériau granulaire (CDF) : en ajoutant du gravier ou d'autres matériaux granulaires, on peut améliorer la capacité portante du sol. Ces matériaux peuvent être compactés pour fournir une base solide pour la construction.
  - Les carrières existantes pour les granulats le long de la 4eme Rocade sont les suivants : Carrière du Ghrib, carrière de Boukhari, carrière de Bouaichoune, carrière de Gouea, carrière de Berrouaghia.
    - ✓ Pour notre tracé les carrières les plus proches sont :
      - Carrière de Ghrib
      - Carrière de Boukhari.

Remarque : la photo des carrières utilisée dans notre projet est présentée dans **L'annexe De Géotechnique**

Tableau VII-18 : Caractéristiques des carriers utilisés.

CARRIÈRE	LA (%)	ES (%)
LA CARRIÈRE DU GHRIB.	**23**	**57**
CARRIÈRE DE BOUKHARI.	**24**	**40**

Lorsque les valeurs de CBR sont très faibles, inférieures à 1, par exemple

- PK 24+660 : **CBR = 0.5**

Il peut être difficile de construire une infrastructure stable en utilisant uniquement le sol existant. Dans ce cas, des solutions plus radicales sont nécessaires pour améliorer la résistance du sol.

Les solutions pour augmenter la résistance du sol peuvent inclure :

- Le remplacement du sol : le sol existant peut être enlevé et remplacé par un sol de meilleure qualité, tel que du sable ou de la pierre concassée, pour fournir une base solide pour la construction.

CHAPITRE VIII :

DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VIII. DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1 INTRODUCTION :

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape cruciale dans la conception d'un projet routier. Il consiste à déterminer les dimensions et les caractéristiques de la structure de la route afin d'assurer sa durabilité, sa sécurité et son fonctionnement optimal.

Le corps de chaussée est la partie de la route qui supporte la circulation des véhicules. Il est composé de différentes couches superposées qui ont chacune un rôle spécifique dans la répartition des charges et la résistance aux contraintes.

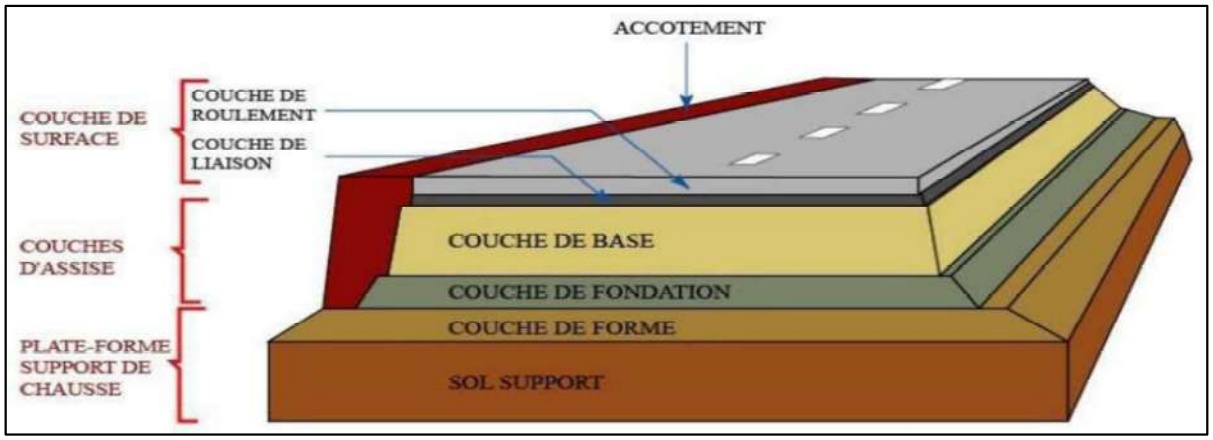
Le dimensionnement du corps de chaussée doit prendre en compte plusieurs facteurs tels que la classification de la route, la nature du sol, les charges prévues et les caractéristiques du trafic. Il nécessite une étude approfondie et une analyse rigoureuse pour garantir la qualité et la performance de la route.

Dans ce chapitre, nous aborderons les différentes étapes du dimensionnement du corps de chaussée, les critères de choix des matériaux, les méthodes de calcul et les normes en vigueur. Nous examinerons également les principales caractéristiques et les éléments clés du dimensionnement, afin de comprendre les enjeux et les défis liés à la conception d'un corps de chaussée performant et durable.

VIII.2 DÉFINITION DE LA CHAUSSÉE :

Une chaussée est définie comme étant la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'un ensemble de couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettent la reprise des charges extérieures.

VIII.3 CONSTITUTION DES STRUCTURES DE CHAUSSÉE :



FigureVIII-1 : Coupe transversale d'une chaussée

VIII.4 DIFFÉRENTES TYPES DE STRUCTURES DE CHAUSSÉE :

Du point de vue constructif et Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

- ✓ Les chaussées souples
- ✓ Les chaussées semi-rigides
- ✓ Les chaussées rigides.

VIII.5 MATÉRIAUX UTILISÉS DE CHAUSSÉE :

- ✓ Matériaux de revêtement : Béton bitumineux (**BB**).
- ✓ Matériaux traités aux bitumes : Grave bitume (**GB**) ; Sable bitume (**SB**).
- ✓ Matériaux traités aux liants hydrauliques : Graves –laitier (**GL**) ; Béton de ciment (**Bcg**) ; Grave -Ciment (**GC**).
- ✓ Matériaux non traités : Grave non traitée (**GNT**) ; TUFS Calcaires (**TUF**) ; Sables gypseux (**SG**) ; Arènes granitiques (**AG**).

VIII.6 Les Critères Pris En Compte Pour Dimensionner Une Chaussée.

Les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées sont :

- ✓ Le trafic
- ✓ La plate-forme support de chaussée
- ✓ Les matériaux de chaussée
- ✓ Le climat et l'environnement
- ✓ La qualité de réalisation

VIII.7 MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSÉES :

Pour le dimensionnement de la structure du notre projet de la 4eme rocade d'Alger (**PK23+000** au **PK 34+000**) ; On utilise les 2 méthodes suivant :

- ✓ La méthode de C.B.R (California-Bearing -Ratio)
- ✓ La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP » (méthode algérienne).

VIII.8 METHODE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

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

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

$$\mathbf{ETOTALE} = \frac{100 + \sqrt{p}(75 + 50\log\left(\frac{N}{10}\right))}{ICBR + 5}$$

- ✓ $\mathbf{E}_{TOTALE}$: épaisseur Totale de la structure
- ✓ $\mathbf{I}_{CBR}$: indice CBR de sol support
- ✓ **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- ✓ **N**: Nombre moyen journalier des véhicules (TJMA) >1,5t à l'année horizon.
- ✓ **Log** : logarithme décimal

- **NOTION DE L'EPAISSEUR EQUIVALENTE :**

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche dont l'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$\mathbf{ETOTALE} = \mathbf{Eeqv} = \sum \mathbf{eréele} * \mathbf{ai}$$

$$\mathbf{Eeqv} = \mathbf{e1.a1} + \mathbf{e2.a2} + \mathbf{e3.a3}$$

- ✓ $\mathbf{e_1}$: épaisseur réelle de la couche de roulement.
- ✓ $\mathbf{e_2}$: épaisseur réelle de la couche de base.
- ✓ $\mathbf{e_3}$: épaisseur réelle de la couche de fondation.
- ✓ $\mathbf{a_1, a_2, a_3}$: coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches $\mathbf{e_1, e_2, e_3}$.

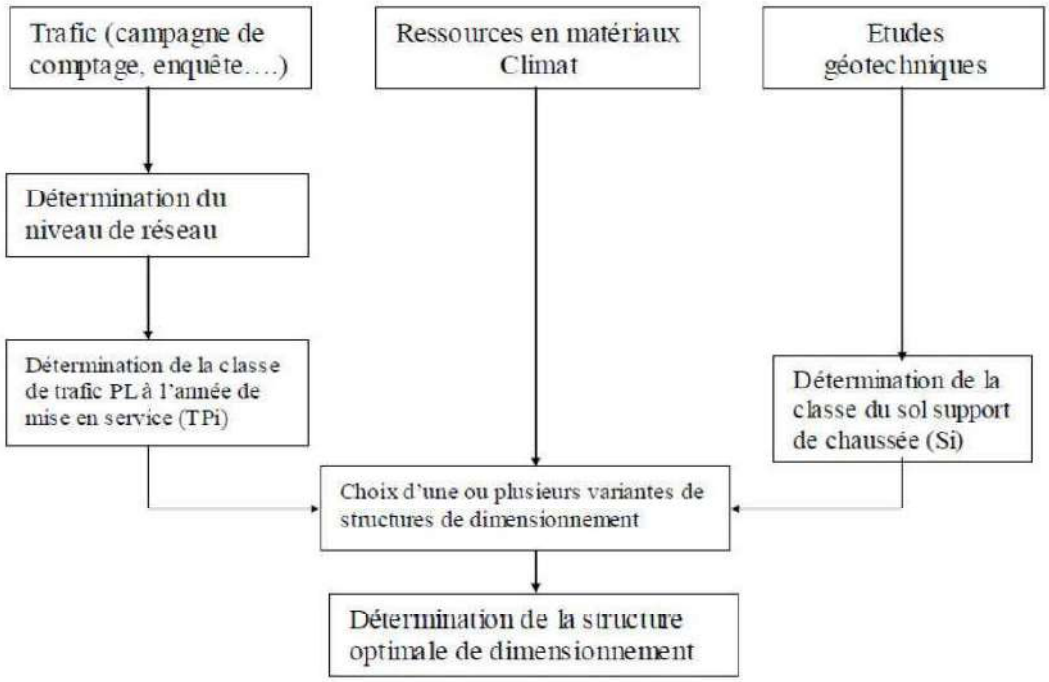
Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

TableauVIII-1 : Coefficients d'équivalences des matériaux

MATERIAUX	Coefficient D'équivalence
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitume (GB)	1.5
Grave ciment (GC)	1.5
Sable ciment, Sable bitumineux	1-1.2
Grave concasse	1
Grave roulée (TVO)	0.75
Sable	0.5

VIII.9 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » (méthode algérienne) :

VIII.10 La Démarche Du Catalogue :



FigureVIII-2 : Organigramme de la démarche du catalogue

VIII.11 PRINCIPES ET METHODOLOGIE

En calculant les déformations et contraintes au niveau des interfaces des couches, soumis aux sollicitations répétées d'un essieu standard et les comparant avec des limites admissibles données par des lois de fatigue

VIII.12 APPLICATION AU PROJET :

VIII.12.1 Les Données du projet :

- ✓ Projet : la 4eme rocade d'Alger (**pk 23+000** au pk **34+000**)
- ✓ Chaussée unidirectionnelle à trois (03) voies (autoroute 2x3 voies)
- ✓ Année de mise en service : 2024
- ✓ Trafic de mise en service ; TJMA 2024 = 12322 v/j (pour les 2 sens)
- ✓ Durée de vie **n**= 20 ans
- ✓ Le taux de croissement est de τ = 4 %
- ✓ Pourcentage du poids lourd est **Z**=25 %
- ✓ CBR= 2.2 (la valeur moyenne de tronçon)

VIII.12.2 Méthode de CBR :

✓ **Épaisseur Totale de la structure :**

$$\mathbf{ETOTALE} = \frac{100 + \sqrt{p}(75 + 50\log\left(\frac{N}{10}\right))}{ICBR + 5}$$

$N = T\,(1+\tau)^n$ Avec, T= Trafic sur la voie la plus chargée

✓ **Le trafic journalier en poids lourd pour les 2 sens de la route est :**

$T = 12322 * 0.25 \Longrightarrow$ **T = 3081 PL/j**

✓ **Traffic TJMA par sens est :**

$\mathbf{T = 3081 * 2/3} \Longrightarrow$ **T = 2054 PL/j/sens**

✓ **Trafic sur la voie la plus chargée :**

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

$T = 2054 * 0.8 \Longrightarrow$ **T = 1644 PL/j/VPC**

D'ou :

$N = T\,(1+\tau)^n = 1644(1+0.04)^{20} \Longrightarrow$ **N = 3603 PL/j/VPC**

Donc :

$$\mathbf{ETOTALE} = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50\log\left(\frac{3603}{10}\right))}{2.2 + 5}$$

Alors : **ETOTALE = 85.7 ≈ 86 cm**

✓ **Épaisseur de chaque couche :**

$$ETOTALE = \; Eeqv = \sum ereele * ai = e1.a1 + e2.a2 \; + \; e3.a3$$

Les épaisseurs e_1, e_2 et e_3 sont toutes arbitraires. Une troisième épaisseur (parmi e_1, e_2 et e_3) est obtenue en ayant fixé les deux autres. Les épaisseurs généralement adoptées sont :

BB : 6 à 8cm , **GB**: 10 à 20cm , **GC**: 15 à 25cm , **TVO**: 25cm et plus.

On doit fixer :

- ✓ $\mathbf{e_1}$: épaisseur réelle de la couche de roulement, $\mathbf{e_1 = 8}$ cm (**BB**)
- ✓ $\mathbf{e_2}$: épaisseur réelle de la couche de base, $\mathbf{e_2 = 20}$ cm (**GB**)

et on déterminer :

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation, **e_3 =** ? (**GNT**)

En utilisant le tableau des coefficients d'équivalence :

- ✓ **e_1= 8** cm (**BB**) et a_1=2
- ✓ **e_2= 20** cm (**GB**) et a_2=1.5
- ✓ **e_3=** ? (**GNT**) et a_3=1

Donc :

$$e_3 = \frac{ETotale-(a1.e1+a2.e2)}{a3} = \frac{86-(2*8+1.5*20)}{1} = 40 \text{ cm}$$

Alors : épaisseur réelle de la couche de fondation e_3=40 cm (GNT) en 2 couches

- ✓ Tableau des résultats :

Tableau VIII-2 : Résultat de la méthode CBR

Structure	E réelle (cm)	Eeqv (cm)
BB	8	16
GB	20	30
GNT	40	40
TOTALE	**68**	**86**

Alors la structure de chausse retenue avec la méthode CBR est :

8 BB + 20 GB+40 GNT

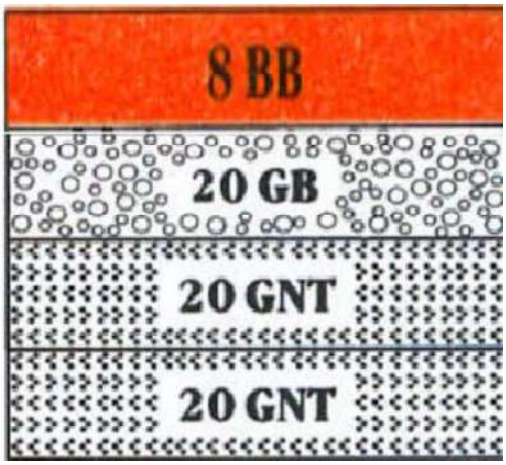


Figure VIII-3 : Structure de la méthode CBR

VIII.12.3 La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP » (méthode algérienne) :

a. Détermination du type de réseau principal (RP) :

- ✓ TJMA (2024) = 12322 v/j > 1500V/J
- ✓ Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya (AIN DEFLA –Bordj Bou Arreridj)
- ✓ Liaisons présentant un intérêt économique et/ou stratégique (Autoroute)

Selon ces critères, la classification de notre Autoroute sera **RP1**

b. Détermination de la classe de trafic (TPLi) :

Trafic PL sur la voie la plus chargée : T = 1644 PL/j/VPC

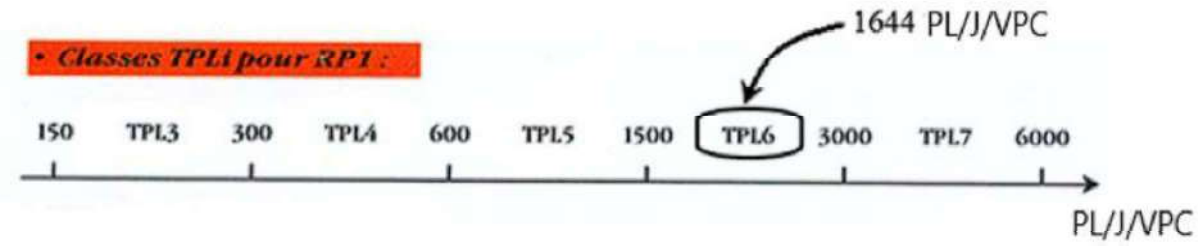


Figure VIII-4 : la classe de trafic de projet

Alors, la classe de trafic de notre Autoroute sera **TPL6**

c. Détermination des classes de portance des sols

Selon le tableau 03 de classe de portance :

Tableau VIII-3 : Classes de portance des sols Si

Portance (Si)	CBR (%)
S4	**<5**
S3	**5-10**
S2	**10-25**
S1	**25-40**
S0	**> 40**

- ✓ CBR=2.2 ⟹ **CBR< 5**
- ✓ E (MPa) = 5 x CBR ⟹ E = 11 MPa **E < 25 MPa**

Alors la classe de portance de sol est : **S4**

d. DONNEES CLIMATIQUES :

✓ La zone climatique :

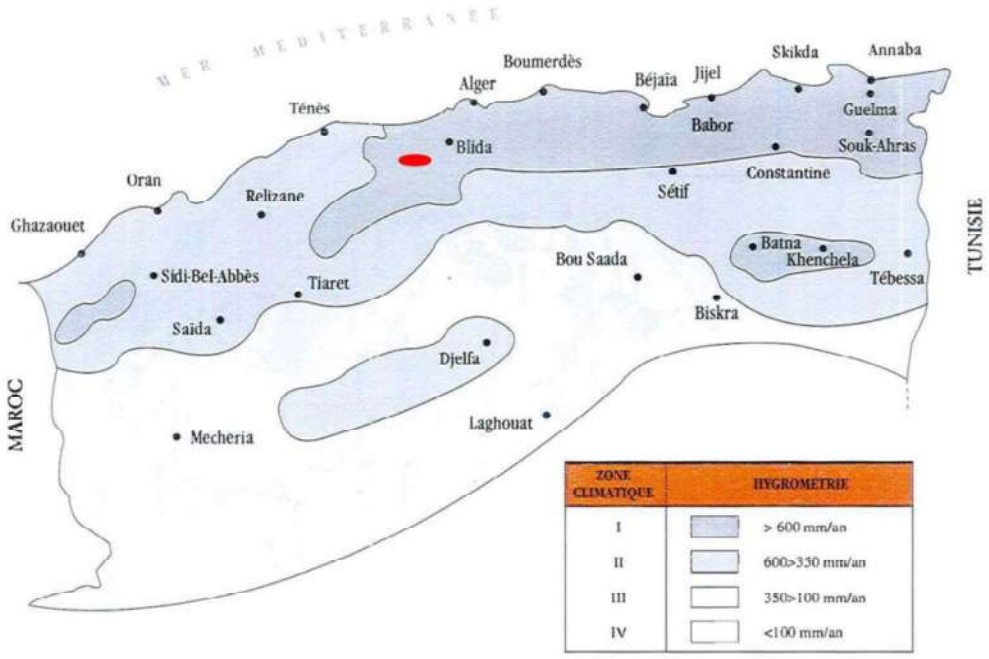


Figure VIII-5 : Carte climatique de L'Algérie

Notre autoroute se situe dans une zone climatique de type 01

✓ Température équivalente :

Selon le tableau 04, La Température équivalente de notre Autoroute sera **20 °C.**

Tableau VIII-4 : Choix des températures équivalentes

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

e. Choix des matériaux de structure :

✓ TPL6 (trafic moyenne) ⟹ **MTB** (suffisante)

MTB : matériaux traités au bitume

f. Type de structure :

✓ RP1 (réseau principal de niveau 1)

✓ Zone climatique : I

✓ MTB

Selon le tableau 5 et ces critères, on a deux (02) type de structure :

Tableau VIII-5 : Structures disponibles dans le catalogue

RP	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, Bcg/GC
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG

- ✓ GB/GB, **GB** : grave bitume
- ✓ GB/GNT, **GNT** : grave non traitée

g. <u>La classe de portance de sol-support visée :</u>

- ✓ Pour le réseau principal RP1 : **S0, S1**, **S2**

Donc le passage de **S4** à **S2** nécessite une couche de forme de 60 cm de Matériaux non traités (en 2 couches) Selon le tableau 6

Tableau VIII-6 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

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

- ✓ Le choix de Matériaux non traités est : **TUF**

h. Choix de dimensionnement :

D'après le fascicule 3 :

- ✓ TPL6
- ✓ Taux d'accroissement 4%
- ✓ Duré de vie 20ans
- ✓ Zone climatique I
- ✓ Réseau principal niveau 1
- ✓ Classe de portance de sol support S2

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien **(fascicule 3)** propose la structure :

- ✓ Alors la structure de notre projet est :

8 BB + 12 GB+13 GB+60 TUF

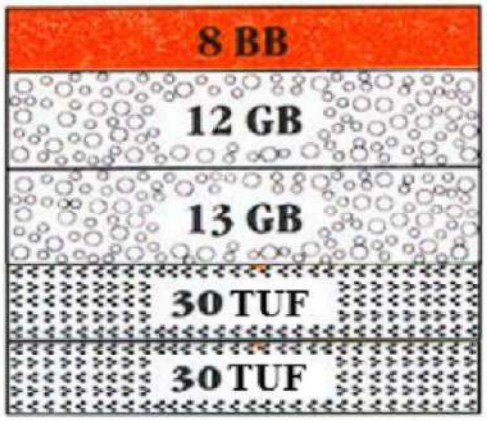


Figure VIII-6 : La structure de projet

i. Vérification En Fatigue Des Structures Et De La Déformation Du Sol Support :

Il faudra vérifier que **εt** et **εz** calculées à l'aide d'ALIZE LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées avec les données du projet, c'est-à-dire respectivement à εt_{adm} et εz_{adm}

- Calcul de déformation admissible sur le sol support εz_{adm} :

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

- **TCEi :** trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée vie considérée

$$TCEi = TPLi_{VPC} \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} \times 365 \times A$$

- ✓ $\mathbf{TPLi_{VPC}}$(Trafic PL sur la voie la plus chargée) $= \mathbf{1644\ PL/j/VPC}$
- A (coefficient d'agressivité) =0.6, selon le Tableau 7 :

Tableau VIII-7 : Coefficient d'agressivité

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...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1

Donc : $TCEi = 1644 \times \frac{(1+0.4)^{20}-1}{0.04} \times 365 \times 0.6$

$$\mathbf{TCEi = 10.72\ x10^{6}\ \ ess13\ tonne}$$

Alors : $\varepsilon_{z\,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (10.72 \times 10^{6})^{-0.235}$

$$\boxed{\mathbf{\varepsilon_{z\,adm} = 490.15\ udef}}$$

- Calcul de la déformation admissible « εt,ad » à la base de la GB $\boldsymbol{\varepsilon t_{adm}}$:

$$\varepsilon_{t\,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

Où :

- ✓ **ε_6(10°C, 25Hz)** : déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10 °C et 25Hz (essai de fatigue).
- ✓ **kne**: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- ✓ **kθ**: facteur lié au risque et aux dispersions
- ✓ **kr**: facteur lié au risque et aux dispersions
- ✓ **kc**: facteur lié au calage des résultants du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

On utilise le tableau de Performances mécaniques des matériaux bitumineux pour déterminer les valeurs des coefficients Kne, Kθ , Kr et Kc :

Tableau VIII-8 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

***BB** : béton bitumineux, **GB** : grave bitume, **SB** : sable bitume*

- ✓ b : Pente de la droite de fatigue du matériau traité
- ✓ SN : Dispersion sur la loi de fatigue
- ✓ Sh : Dispersion sur les épaisseurs

D'ou :

- $\varepsilon_6(10°, 25Hz) = \mathbf{100\ udef}$
- $Kne = (\frac{\mathbf{10^6}}{TCEi})^b \qquad -\frac{1}{b} = 6.84 \quad , \quad b = -0.146$

Donc $Kne = (\frac{10^6}{10.72*10^6})^{0.146} \Longrightarrow$ **$Kne = 0.7073$**

- $K\theta = \sqrt{\frac{E(10^0, 10HZ)}{E(\theta eq, 10HZ)}}$

Avec :

- ✓ **E(10oC)** : Module complexe du matériau bitumineux à 10°C
- ✓ **E(θeq)**: Module complexe du matériau bitumineux a la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée

pour $\theta eq = 20\ °C$ ona :

- ➢ $\mathbf{E(10°, 10HZ) = 12500}$ Mpa
- ➢ $\mathbf{E(20°, 10HZ) = 7000}$ Mpa

Donc $K\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} \Longrightarrow$ **$K\theta = 1.3363$**

- $Kr = 10^{-t\,b\,\delta}$, avec :

- ✓ **δ**: f (dispersion) **,** avec : $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b}Sh)^2}$
  - ➢ SN=0.45 ,
  - ➢ c=0.02 ,
  - ➢ Sh=3cm
  - ➢ $\delta = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146}3)^2}$ alors **δ = 0.6094**

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

Tableau VIII-9 : Risques adoptés pour le réseau Rp1

	Classe de trafic (TPLi) (PL/j/Vpc)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2

Tableau VIII-10 : Valeurs de t=f(r%)

r (%)	2	3	5	7	10	12	15
t	-2.054	-1.881	**-1.645**	-1.520	-1.282	-1.175	-1.036

Selon les 2 tableau 07 et 08 on a :

- ✓ r (%) =5 %
- ✓ t = -1.645

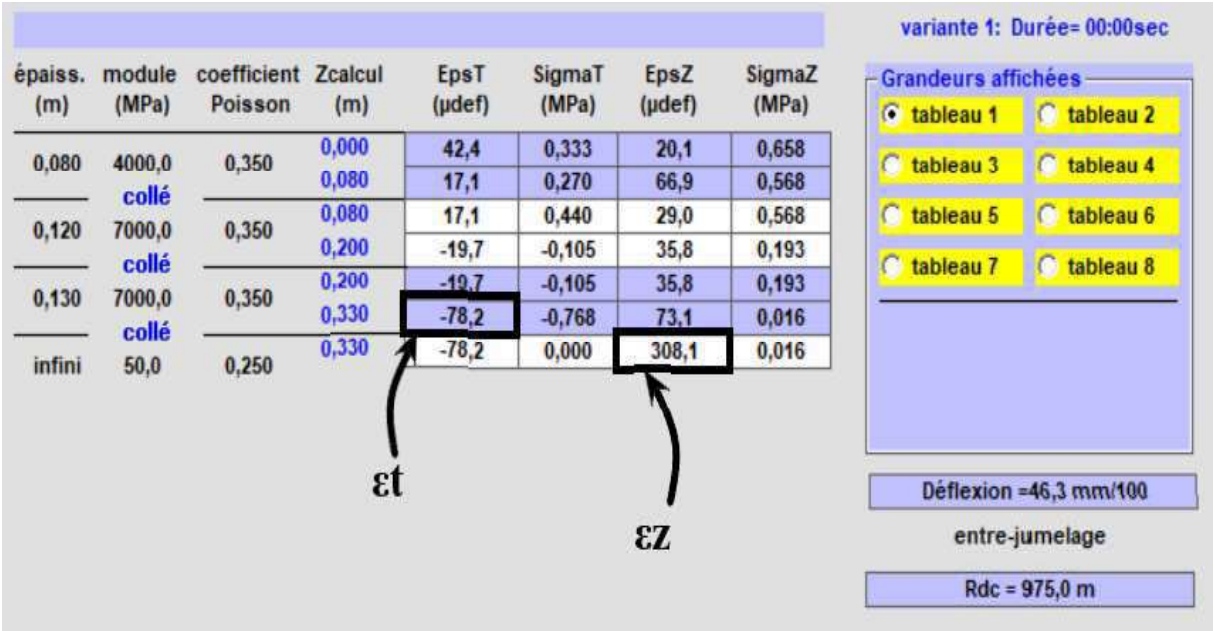
Donc $Kr = 10^{-(-1.645)\,(-0.146)\,(0.6094)} \Longrightarrow$ **Kr = 0.7139**

- Kc =? Selon le tableau des performances $\Longrightarrow$ **Kc = 1.3**

D'ou $\varepsilon_{t\,adm} = 100 \times 0.7073 \times 1.3363 \times 0.7139 \times 1.3$

Alors : **$\varepsilon_{t\,adm}$ = 87.72 udef**

Pour faire la vérification il faut calculer **εt** et **εz** à l'aide d'ALIZE LCPC



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,4	0,333	20,1	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,440	29,0	0,568
	collé		0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
	collé		0,330	-78,2	-0,768	73,1	0,016
infini	50,0	0,250	0,330	-78,2	0,000	308,1	0,016

Figure VIII-7 : Les résultats des sollicitations à l'aide d'ALIZE LCPC

- ✓ $\varepsilon_{t\,adm} = 87.72\ udef > \varepsilon_t = 78.2\ udef$ ⟹ **VERIFIE**
- ✓ $\varepsilon_{z\,adm} = 490.15\ udef > \varepsilon_z = 308.1\ udef$ ⟹ **VERIFIE**

Alors : on conclure que la chausse est stable

j. <u>Modélisation numérique de profil en travers :</u>

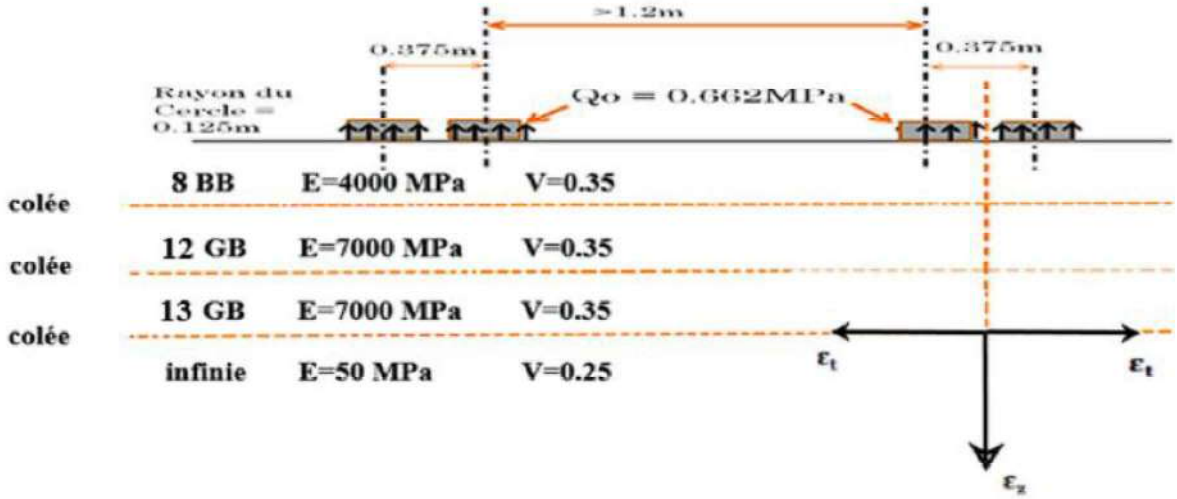


Figure VIII-8 : Modélisation numérique de profil en travers

VIII.13 <u>CONCLUSION :</u>

La méthode CBR a donné des épaisseurs inacceptables en vue de l'importance de la route, de plus elle ne prend pas en considération la fatigue des matériaux et l'influence du climat sur ces derniers.

Donc la structure retenue est celle de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).

8 BB + 12 GB+13 GB+60 TUF



Figure VIII-9 : Structure de l'autoroute

CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT

IX. Assainissement :

IX.1 Introduction :

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

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

IX.2 Objectif de l'assainissement :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme.

IX.3 Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique de la zone du projet est relativement dense. L'oued Cheliff est le principal fleuve impliqué dans le projet, c'est le seul Oued qui draine une partie des hauts plateaux, et c'est l'un de ceux qui possèdent le cours le plus long et le débit le plus grand.

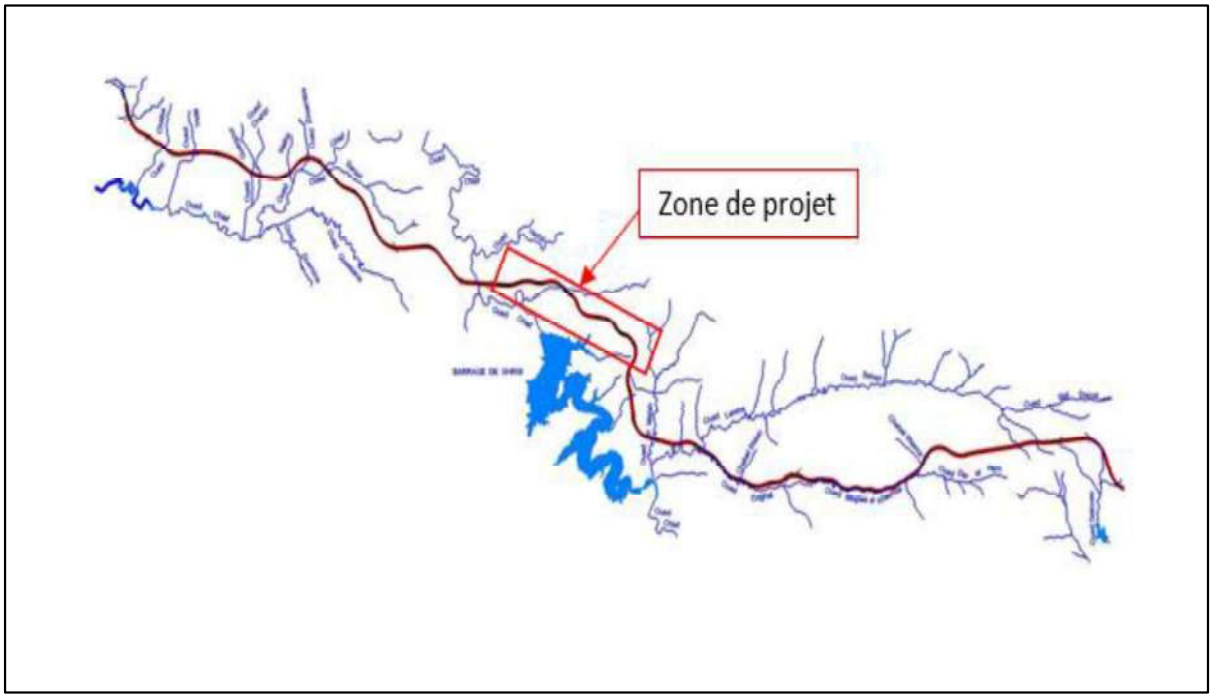


Figure IX-1 : réseau hydraulique de zone d'étude

IX.4 Les ouvrages d'assainissement :

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

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée.

IX.5 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique consiste à définir les caractéristiques des crues de différentes périodes de retour (débits, durées, fréquences).

Elle est basée sur la connaissance des chroniques de débit sur la rivière, relevées aux stations hydrométriques et enrichies des informations sur les crues historiques.

IX.5.1 Estimation des débits de crue Q_{max} :

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues.

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer la formule suivante :

Formule Rationnelle :

Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait par la formule ci-dessous :

$$\mathbf{Q_a = K \times C \times I \times A}$$

Avec:

- $\mathbf{Q_a}$: débit maximum d'eau pluviale (m3/s).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h).
- **A** : Surface du bassin versant (km2).
- **K** : Coefficient de conversion des unités égale à : K= 0.278 pour les unités suivantes : Q_a (m^3 /s), I (mm/h), A (km^2).

IX.5.2 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement indique le pourcentage de l'eau ruisselante sur un sol saturé par des précipitations antérieures, par rapport à la totalité de l'eau de l'averse.

- La méthode et les valeurs des coefficients sont présentées dans **l'Annexe d'assainissement**

IX.1.1 Caractéristiques principales des bassins versants :

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant conditionnent l'écoulement de ses différents cours d'eau, l'écoulement peut être facilité ou retardé selon que la région est étalée ou non. Le tableau résume les caractéristiques physiques des bassins versant extraire par logiciel global mapper :

Tableau IX-1 : Caractéristiques principales des bassins versants

Bassin versant	PK	Surface Km^2	Longueur de thalweg Km	Hmax m	Hmin m	Δh	C	Pente %
BV1	24+071	59.390	12.377	819	357	462	0.50	3.73
BV2	26+893	0.126	0.232	529	475	54	0.50	23.27
BV3	27+014	0.238	0.501	537	482	55	0.50	10.97
BV4	27+862	0.252	0.472	545	504	41	0.50	8.68
BV5	28+300	1.330	2.445	705	479	226	0.50	9.24
BV6	28+808	16.770	7.789	811	477	334	0.5	4.28
BV7	30+764	0.023	0.160	610	536	74	0.75	46.25
BV8	30+830	0.058	0.200	630	535	95	0.75	47.5
BV9	31+033	0.139	0.375	706	539	167	0.75	44.53
BV10	31+631	0.178	0.213	726	569	157	0.75	73.7
BV11	32+022	0.097	0.235	753	593	160	0.75	68.08
BV12	32+113	0.044	0.260	753	589	164	0.75	63.07
BV13	32+232	0.264	0.289	771	584	187	0.75	64.70
BV14	33+446	0.229	0.286	818	622	196	0.75	68.53
BV15	33+740	0.159	0.334	738	603	135	0.75	40.41

IX.1.2 Estimation du temps de concentration :

Le « Temps de Concentration » est défini par la durée que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir au point concerné (le point pour lequel la durée d'écoulement est la plus importante). Le calcul du temps de concentration est déterminé selon les **3 formules** qui varient suivant les caractéristiques du bassin.

- **Formule Ventura** : (Pour les bassins inférieurs à 5 km^2).

$$T_c = 0.127.\sqrt{\frac{A}{P}}$$

- **Formule Passini** : (pour les bassins de 5 km^2 -25 km^2).

$$T_c = 0.108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$$

- **Formule Giandotti** : (pour les basins supérieurs à 25 km^2)

$$T_c = \frac{4.\sqrt{A}+1.5\,L}{0.8\sqrt{H}}$$

- ✓ **Tc** : Temps de concentration (heure).
- ✓ **A** : Surface du bassin versant (km^2).
- ✓ **P** : La pente moyenne du bassin (m/m).
- ✓ **L** : Longueur du bassin versant (km).
- ✓ **H** : Différence entre la hauteur moyenne et la hauteur minimum du bassin(m).

IX.5.5 Détermination de l'intensité I (t) :

La formule de **MONTANA** décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$I(t, T) = a(T).t^{-b}$$

- ✓ **I (t, T)** : intensité de pluie en mm /h.
- ✓ **T** : période de retour en ans.
- ✓ **t** : temps de concentration en heures.
- ✓ **a, b** : paramètres de Montana. (Avec b = 0.56).

Le paramètre « a » pour les différentes fréquences est donné dans le tableau suivant :

Tableau IX-2 : le paramètre a

T(ans)	2	5	10	20	**50**	100
a(t)	15.3	21.7	26.0	30.1	**35.4**	39.4

IX.5.6 Exemple d'application dans notre projet :

Tous les surfaces des bassins versants entre Pk 23+480 et PK 33+740 sont inferieur à 5km^2, alors les calculs des temps de concentration sont faits avec la méthode de **VENTURA**.

Sauf les deux bassins BV1 et BV6 ont des surfaces supérieures à 5km^{2,} alors le calcul de Tc se fait avec la méthode de **Passini**.

- ✓ **BV2** (A= 0.126 Km^2, P = 23.27%, L= 0.232 Km) VENTURA:

$$T_c = 0.127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127.\sqrt{\frac{0.126}{0.2327}} = \mathbf{0.093\ heures}.$$

$$\mathbf{I\ (t, T)} = a(T).t^{-b} = 35.4 \times 0.093^{-0.56} = \mathbf{133.49\ mm/h.}$$

- ✓ **BV6** (A= 16.770 Km^2, P = 4.28%, L= 7.789 Km) PASSINI:

$$T_c = 0.108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}} = 0.108.\frac{\sqrt[3]{16.770\times7.789}}{\sqrt{0.0428}} = \mathbf{2.64\ heures}.$$

$$\mathbf{I\ (t, T)} = a(T).t^{-b} = 35.4 \times 2.64^{-0.56} = \mathbf{20.55\ mm/h.}$$

IX.1.1 Résultats de calcul manuel des débits :

Tableau IX-3 : Les valeurs des débits d'apport

N BV	A(Km^2)	C	K	Tc(h)	I(t) 50ans	Q(m^3/s) 50ans
BV1	59.360	0.50	0.278	5.05	14.3	117.98
BV2	0.126	0.50	0.278	0,093	133,49	2.33
BV3	0.238	0.50	0.278	0,187	90,50	2.99
BV4	0.252	0.50	0.278	0,216	83,41	2.92
BV5	1.330	0.50	0.278	0,481	53,28	9.84
BV6	16.770	0.50	0.278	2.64	20.55	47.90
BV7	0.023	0.75	0.278	0,028	260,50	1.24
BV8	0.058	0.75	0.278	0,044	202,57	2.44
BV9	0.139	0.75	0.278	0,070	155,75	4.51
BV10	0.178	0.75	0.278	0,0624	167,35	6.21
BV11	0.097	0.75	0.278	0,047	194,00	3.92
BV12	0.044	0.75	0.278	0,033	236,95	2.17
BV13	0.264	0.75	0.278	0,078	147,38	8.11
BV14	0.229	0.75	0.278	0,073	152,81	7.29
BV15	0.159	0.75	0.278	0,079	145,98	4.83

IX.6 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE :

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la voie, il est évident de définir la crue de projet. Encourus quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés :

- ✓ 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.

Formule de continuité : $\mathbf{Q_s = V \times S_m}$

Formule de MANNING-STRICKLER: $\mathbf{Q_s = Ks \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m}$

- ✓ Ks : Coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.
  - Ks= 70 en bétons (dalots).
  - Ks= 80 en bétons (buses préfabriquées)
- ✓ R_h : Rayon hydraulique (m).
- ✓ I : Pente longitudinale du canal.
- ✓ Sm : Section mouillée (à la hauteur de remplissage).

IX.6.1 Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales du bassin précédemment étudié.

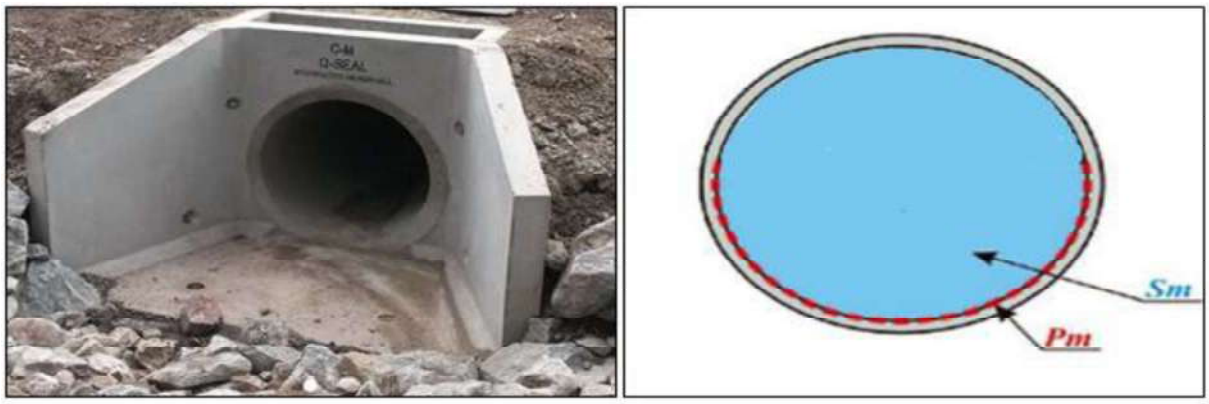


Figure IX-2 : représentatif d'une buse

- ✓ Sm : Section mouillée $S_m = \pi R^2$
- ✓ Pm : Périmètre mouillé $P_m = 2\pi R$.
- ✓ Rh : Rayon hydraulique $R_h = S_m/P_m = R/2$.
- ✓ I : La pente Moyenne de l'ouvrage.

IX.6.1.1 Les formules de calcul (diamètre de buse) :

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi R^2}{2\pi R} \Rightarrow Rh = \frac{R}{2}.$$

$$Qa = KS \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \times Sm \Rightarrow Qa = KS \times (\frac{R}{2})^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times \pi R^2$$

$$\frac{R^{\frac{2}{3}}}{2^{\frac{2}{3}}} \times R^2 = \frac{Qa}{\pi \times KS \times I^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{\frac{2}{3}} \times Qa}{\pi \times KS \times I^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow \phi = 2 \times (\frac{2^{\frac{2}{3}} \times Qa}{\pi \times KS \times I^{\frac{1}{2}}})^{\frac{3}{8}}$$

IX.6.1.2 Exemple de calcule :

BV4 (A= 0.252 Km^2, P = 1%, L= 0.472 Km, Qa = 2.92 m^3/s).

$$\phi = 2 \times (\frac{2^{2/3} \times Qa}{\pi \times Ks \times I^{1/2}})^{3/8} = 2 \times (\frac{2^{2/3} \times 2.92}{\pi \times 80 \times 0.01^{1/2}})^{3/8} = \mathbf{1.061\ m.}$$

Alors : on prend une buse de diamètre **ϕ 1200**.

IX.6.1.3 Vérification les conditions d'auto curage :

- ✓ **Condition 1 :**

$$\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \Rightarrow \frac{V}{V_{ps}} = 0.64 \Rightarrow Q_{ps} = 80 \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

$$Q_{ps} = 80 \times \left(\frac{R^{2/3}}{2^{2/3}}\right) \times I^{1/2} \times \pi R^2 = 80 \times \left(\frac{1}{2^{2/3}}\right) \times I^{1/2} \times \pi R^{8/3}$$

$$Q_{ps} = 80 \times \left(\frac{1}{2^{2/3}}\right) \times I^{1/2} \times \pi R^{8/3} = 80 \times \left(\frac{1}{2^{2/3}}\right) \times 0.01^{1/2} \times \pi \times 0.6^{8/3}, \mathbf{Q_{ps} = 4.05\ m^3/s.}$$

$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S} = \frac{4.05}{\pi \times 0.6^2} = 3.58$ m/s. ⇒ V = Vps ×0.64 =3.58 ×0.64 = 1.49 m/s

V = 3.58 ×0.64 = 1.49 m/s ⇒ V = 1.49 m/s > 0.6 m/s ⇒ **vérifie**

- ✓ **Condition 2 :**

$\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01 \Rightarrow \frac{V}{V_{ps}} = 0.32$ ⇒ V = Vps ×0.32 = 1.15 m/s >0.1 m/s ⇒ **vérifie**

IX.6.2 Dimensionnement des dalots :

Les dimensions des dalots sont en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées. Pour notre projet les dalots sont en béton armé, donc le coefficient de rugosité est égal à $\mathbf{K_s = 70}$, Bien que le taux de remplissage $\mathbf{H_r = 0.8H}$

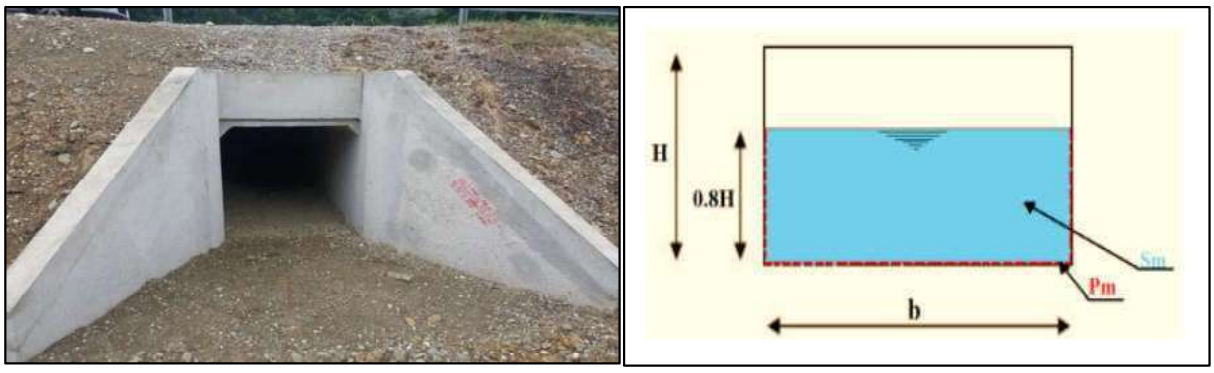


Figure IX-3 : représentatif d'un dalot

Avec :

- ✓ P_m : Périmètre mouillé $P_m = b + 2\times (0.8H)$
- ✓ S_m : Section mouillée $S_m = 0.8H \times b$
- ✓ R_h : Rayon hydraulique $R_h = {S_m}/{P_m} = {0.8H \times b}/{b + 2 \times (0.8H)}$
- ✓ K_{st}=70 pour les dalots
- ✓ I : La pente Moyenne de l'ouvrage.

- $Qa = K_S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$
- $Qa = K_S \times \left({0.8H \times b}/{b + 2 \times (0.8H)}\right)^{2/3} \times I^{1/2} \times 0.8H \times b$
- $Qa = K_S \times \left({1}/{b + 2 \times (0.8H)}\right)^{2/3} \times I^{1/2} \times (0.8H \times b)^{5/3}$
- $(0.8H \times b)^{5/3} = \left({Qa}/{KS \times I^{1/2}}\right) \times (2 \times 0.8H + b)^{2/3}$
- $0.8H \times b = \left({Qa}/{KS \times I^{1/2}}\right)^{3/5} \times (2 \times 0.8H + b)^{2/5}$
- $\mathbf{b = \left({1}/{0.8H}\right) \times \left({Qa}/{KS \times I^{1/2}}\right)^{3/5} \times (2 \times 0.8H + b)^{2/5}}$

IX.6.2.1 Exemple de calcule :

BV10 (Q_a= 6.21 m^3 /s, P = 1%, K_{st}=70, H =1.5m)

On fixe **H=1.5** m et Par itération manuel on trouve : **b =1.31m.**

Tableau IX-4 : les dimensions du dalot

N BV	Qa	b calculé	H fixer	b choisit	H choisit	Dimensions
BV13	6.21 m^3/s	1.31m	1.5m	1.5m	1.5m	1.5× 1.5

- ✓ **Vérification de la vitesse :**

$V = \frac{Q}{S} = \frac{6.21}{1.5\times 1.31} = 3.16\ m/s < 4\ m/s$ ⇒ **vérifie.**

- ✓ **Vérification la hauteur critique :**

$\frac{B\times Q^2}{g\times S^3} = 1$ D'où $S_m = b\times h_c$ ⇒ $\frac{B\times Q^2}{g\times b^3\times h_c^3} = 1 \Rightarrow hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g\times b^2}}$

$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g\times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.21^2}{10\times 1.31^2}} = 1.3\ m < 1.5\ m$ ⇒ **vérifie.**

✓ **Vérification du régime d'écoulement :**

$$\text{Nombre de Froude} = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{3.16}{\sqrt{10 \times 1.5}} = 0.81 < 1$$ **(Régime fluviale).**

IX.6.3 Tableau récapitulatif Des dalots et des buses :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IX-5 : Liste des ouvrages hydrauliques

N BV	PK	A(Km²)	Tc(h)	I(t) 50ans	Q(m³/s) 50ans	Type de l'ouvrage	Dimension d'ouvrage
BV1	24+071	59.360	5.05	14.3	117.98	VIA	425m
BV2	26+893	0.126	0,093	133,49	2.33	Buse	Φ1000
BV3	27+014	0.238	0,187	90,50	2.99	Buse	Φ1200
BV4	27+862	0.252	0,216	83,41	2.92	Buse	Φ1200
BV5	28+300	1.330	0,481	53,28	9.84	Dalot	1.5×2
BV6	28+808	16.770	2.64	20.55	47.90	VIA	150m
BV7	30+764	0.023	0,028	260,50	1.24	Buse	Φ1000
BV8	30+830	0.058	0,044	202,57	2.44	Buse	Φ1000
BV9	31+033	0.139	0,070	155,75	4.51	Buse	Φ1500
BV10	31+631	0.178	0,0624	167,35	6.21	Dalot	1.5×1.5
BV11	32+022	0.097	0,047	194,00	3.92	Buse	Φ1200
BV12	32+113	0.044	0,033	236,95	2.17	Buse	Φ1000
BV13	32+232	0.264	0,078	147,38	8.11	Dalot	1.5×2
BV14	33+446	0.229	0,073	152,81	7.29	Dalot	1.5×1.5
BV15	33+740	0.159	0,079	145,98	4.83	Buse	Φ1500

✓ **Remarque** : Les Résultats des vérifications pour les autres ouvrages (buse et dalots) sont indiqués dans **l'Annexe d'assainissement.**

IX.6.4 Système de drainage longitudinal :

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et des talus, il y en a plusieurs formes de fossé., Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai, Notre cas situé entre **PK 32+325** et **PK33+300** avec une longueur L= **975 m**, la Hauteur de talus est **37.78 m** avec une pente **3H/2V** alors on prévoit des fossés en béton armé d'une forme trapézoïdale.

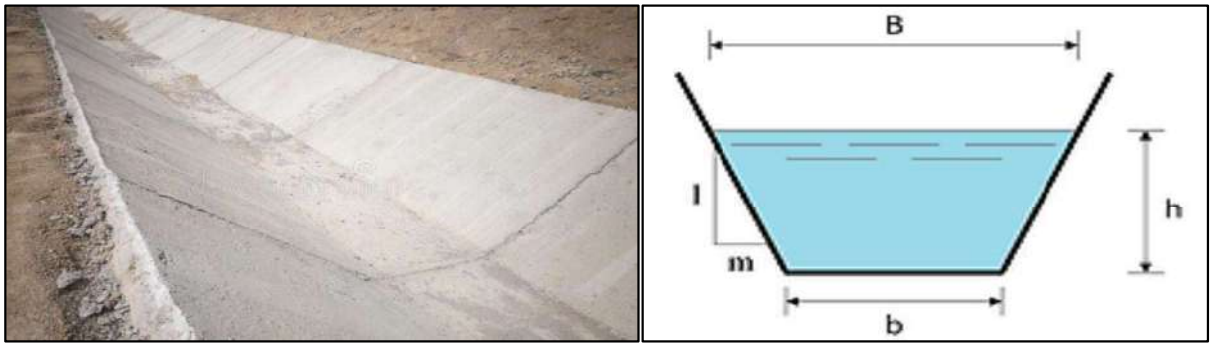


Figure IX-4 : représentatif d'un fossé trapézoïdal

✓ **Calcul de la surface mouillée :**

$S_m = b \times h + 2(eh/2)$. Avec : $1/tg\ \alpha = m$ D'où : $e = m \times h$

$S_m = b \times h + m \times h^2 \Rightarrow \mathbf{S_m} = h\ (b + m \times h)$.

✓ **Calcul du périmètre mouillé :**

$P_m = b + 2.\sqrt{h^2 + e^2}$ Avec : $\sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + h^2 \times m^2} = h.\sqrt{1 + m^2}$

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

✓ **Rayon hydraulique :**

$$R_h = {}^{S_m}/_{P_m} = {}^{h\ (b\ +\ m \times h)}/_{b\ +\ 2\ h.\sqrt{1\ +\ m^2}}$$

Pour calculer les différentes dimensions de fossé il faut d'abord calcule le Débit d'apport (Qa) On applique égalité $Q_a = Q_s$.

Tell que: $Q_a = K \times C \times I_t \times A$ et $Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$.

IX.6.4.1 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau IX-6 : Coefficient de ruissellement

S.B.V	Valeur de C	Valeur prises
Chaussée Revêtement en enrobes	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

IX.6.4.2 Calcul des surfaces (S) :

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnées pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et la berme et le talus, pour ce cas on prend le cas le plus défavorable.

$$\textbf{Schaussée} = l \times L = 14.5 \times 975 = 14137.5\ m2 = 0.0141\ km2.$$

$$\textbf{SBerme} = l \times L = 1 \times 975 = 975\ m2 = 9.75 \times 10 - 4\ km2.$$

$$Stalus = Lt \times Ht/\sin b = 37.78 \times (\sqrt{13}/2) \times 975 = 66406.14m2 = 0.0664\ km2.$$

Tableau IX-7 : Calcul des surfaces

S.V.B	Largeur (m)	Longueur (m)	Pente (%)	Surface (Km^2)
Chaussée Revêtement en enrobes	14.5	975	2.5%	0.0141
Berme	1	975	8%	9.75×10^{-4}
talus	-	-	66.67%	0.0664

IX.6.4.3 L'intensité d'averse I(T) :

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

✓ **Le débit apporté par la chaussée (chaussée + BAU + BDG) :**

Avec : BAU = 3m ; Chaussée = 10.5 m ; BDG = 1 m ; $P_{chaussée}$ = 2.5 % ; b = 0.56 ; a = 26.

Pour (SBV01) (A= 0.0141 Km^2, P=2.5%) < 5Km^2 on applique la formule de **VENTURA.**

$T_c = 0.127\times \sqrt{\frac{0.0141}{0.025}} = 0.0953h. \Rightarrow I_t = 26\times (0.0953)^{-0.56} = 96.936$ mm/h.

On a: C = 0.95; I (10) = 96.936 mm/h; $A_{chaussée}$ = 0.0141 Km^2; K = 0.278; Q_a = K.C.I.S

⇒ **Q_a (chaussée)** = K.C.I.S = 0.278×0.95×96.936×0.0141 = **0.361 m^3/s**

✓ **Le débit apporté par la berme :**

Avec : Berme = 1m ; P_{berme} = 10 % ; b = 0.56 ; a = 26.

Pour (SBV02) (A=$9.75\times10^{-4}Km^2$, P =8%) < 5Km^2 on applique la formule de **VENTURA.**

$T_c = 0.127\times \sqrt{\frac{9.75\times10-4}{0.1}} = 0.0125h. \Rightarrow I_t = 26\times (0.0125)^{-0.56} = 301.941$ mm/h.

On a: C = 0.4; I (10) = 301.941 mm/h; $A_{berme} = 9.75\times10^{-4}Km^2$; K = 0.278; Q_a = K.C.I.S

⇒ **Q_a (Berme)** = K.C.I.S = $0.278\times0.4\times301.941\times9.75\times10^{-4}$ = **0.033 m^3/s.**

✓ **Le débit apporté par le talus :**

Avec: P_{talus} = 67 %; b = 0.56; a = 26.

$T_c = 0.127\times \sqrt{\frac{0.0664}{0.67}} = 0.0399h. \Rightarrow I_t = 26\times (0.0368)^{-0.56} = 157.73$ mm/h.

On a: C = 0.3; I (10) = 157.73 mm/h; A_{talus} = 0.0664Km^2; K = 0.278; Q_a = K.C.I.S

⇒ **Q_a (Talus)** = K.C.I.S = 0.278×0.3×157.73 ×0.0664 = **0.87 m^3/s.**

$Q_a = Q_{a\ (chaussée)} + Q_{a\ (berme)} + Q_{a\ (talus)} = 1.26$ m^3 /s

IX.6.4.4 Tableau récapitulatif :

Tableau IX-8 : Calcul de débit d'apport

S.V.B	K	C	A(Km^2)	T_c(h)	I(mm/h)	Q_a(m3/s)
Chaussée Revêtement en enrobes	0.278	0.95	0.0141	0.0953	96.936	0.361
Berme	0.278	0.4	9.75×10^{-4}	0.0140	283.652	0.031
talus	0.278	0.3	0.0664	0.0399	157.73	0.87

IX.6.4.5 Débit de saturation Qs :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant : $Q_S = Q_a$ $K \times C \times I \times S = Ks \times R_h^{2/3} \times I^{½} \times Sm$

$$Q_a = K_s \times h\times (b + m\times h) \times \left(\frac{h\,(b + m\times h)}{b + 2h.\sqrt{1 + m^2}}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

✓ **On a un fossé trapézoïdal :**

Donc à partir des résultats précédemment : On pose : **b =0.5 m** et pour un angle de 45°⇒m=1

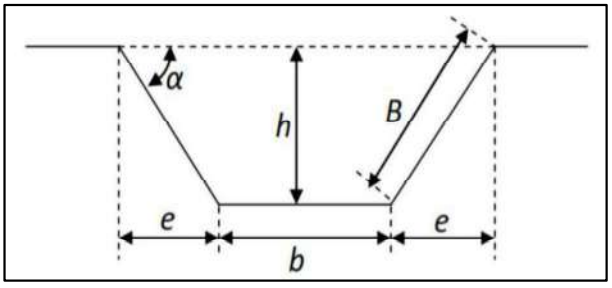


Figure IX-5 : Fossé trapézoïdal type.

$$Q_a = K_s \times h\times (b + m\times h) \times \left(\frac{h\,(b + m\times h)}{b + 2h.\sqrt{1 + m^2}}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$1.26 = 70 \times h\times (0.5 + 1\times h) \times \left(\frac{h\,(0.5 + 1\times h)}{0.5 + 2h.\sqrt{1 + 1^2}}\right)^{2/3} \times 0.06^{1/2}$$

Par calcul itératif on a obtenu la valeur : **h = 0.275 m** ⇒ Pour des raisons de sécurités on prend un fossé standard (b=50 cm, h=50cm B =150 cm).

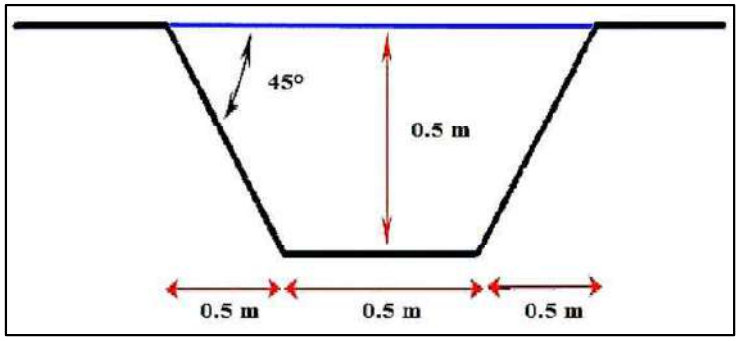


Figure IX-6 : dimensions de notre fossé

IX.7 Réseaux de collecte longitudinaux :

IX.7.1 Réseau de crête de talus de déblai :

Le rôle du réseau de crête de talus de déblai est d'éviter l'érosion du talus et d'alimenter en écoulement le réseau de pied de talus.

Généralement cet ouvrage est revêtu pour éviter son érosion et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus. Il intercepte les eaux de ruissellement du bassin versant naturel modifié par le tracé routier.

IX.7.2 Réseau de pied de talus de déblai :

Ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissellement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme.

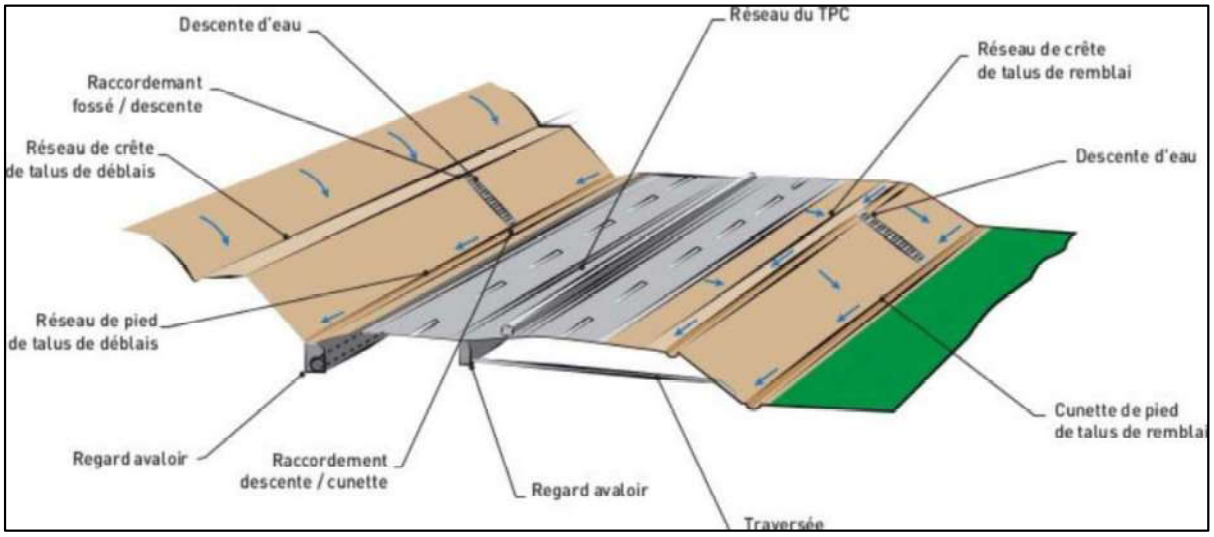


Figure IX-7 : situation des réseaux sur le profil l en travers.

IX.7.3 Réseau de crête de talus de remblai :

Cette partie du réseau longitudinal a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissellement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai.

Il protège donc le talus routier contre toute altération (ravinement, érosion et en état limite, la rupture).

En section courante, l'ouvrage peut être constitué de bourrelets (béton bitumeux, béton hydraulique) ou de bordures béton de type **T1** et **T2**. Il faut créer des **descentes d'eau** pour décharger l'écoulement vers le pied de talus (réseau de pied de talus de remblai)

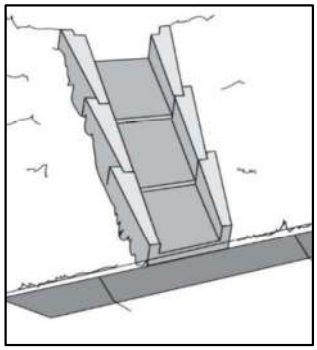


Figure IX-8 : descentes d'eau

IX.7.4 Réseau de pied de talus de remblai :

Situé au niveau du terrain naturel, ce réseau doit collecter toutes les eaux routières, gravitairement, pour les diriger vers l'exutoire sans préjudice pour les fonds inférieurs.

Cette branche du réseau permet également de protéger le pied de talus du remblai contre l'érosion.

Application dans notre projet : on a choisi l'emplacement des descentes d'eau de largeur **35 cm** chaque **25 m** pour décharger l'écoulement vers le pied de talus.

IX.8 Bassin de décantation :

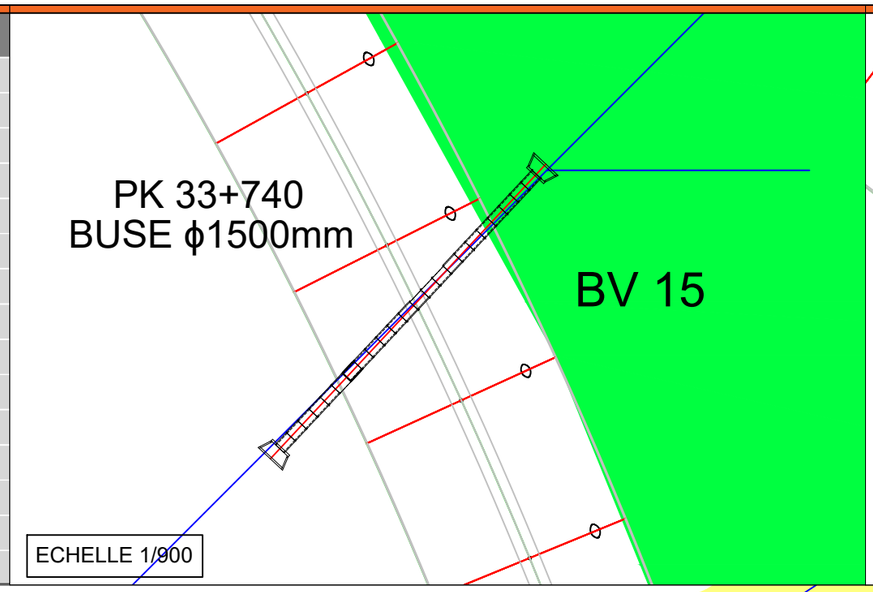
Ces bassins permettent de traiter les eaux grâce à un processus de décantation passive et de séparation des hydrocarbures avant de les restituer en bonne qualité au milieu naturel.

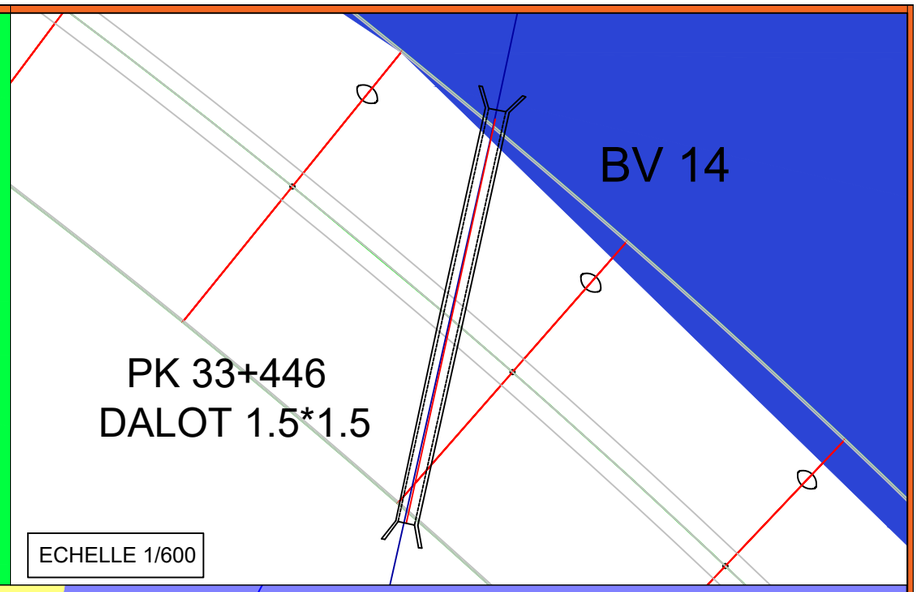
Dans le cadre de notre projet, nous avons l'intention de réaliser deux bassins de décantation. Ces bassins auront pour objectif principal de protéger l'environnement et de prévenir la pollution de l'eau dans deux zones spécifiques.

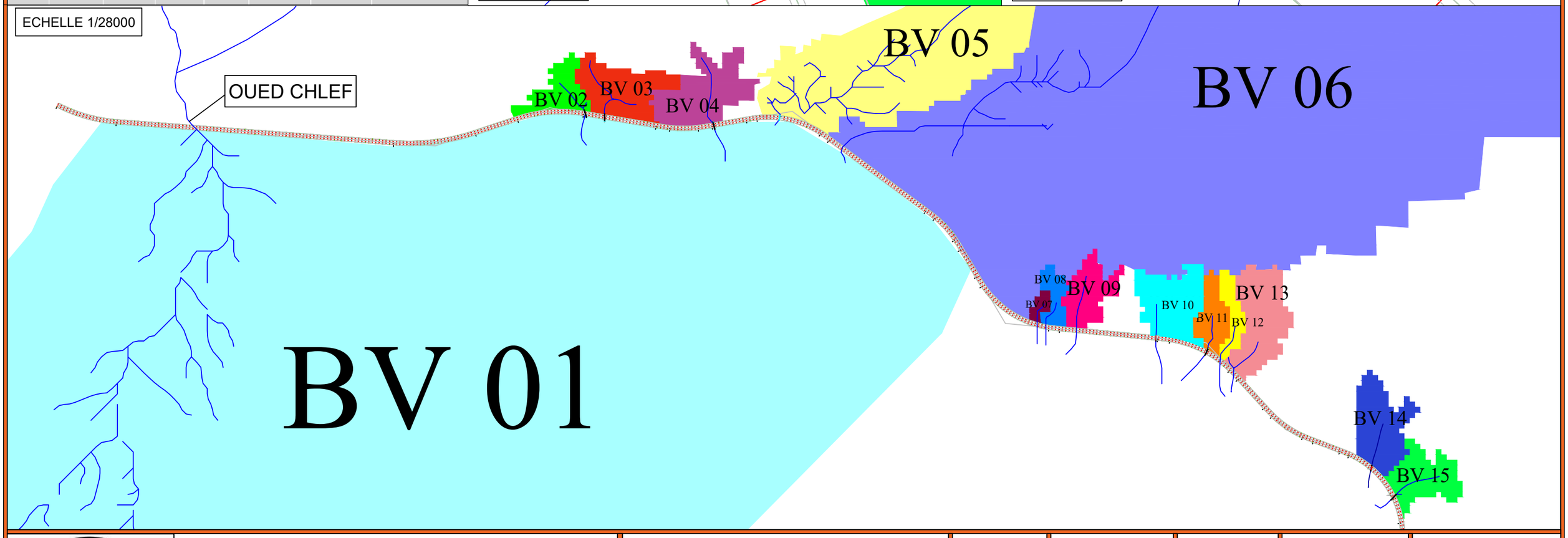
Le premier bassin sera situé au niveau de l'oued Chlef **(PK 23+800**). En raison de la pollution de l'eau provenant de la chaussée, il est essentiel de mettre en place des mesures visant à protéger cette importante ressource naturelle. Le bassin de décantation sera conçu pour séparer les particules solides et les contaminants présents dans l'eau, permettant ainsi de préserver la qualité de l'oued Chlef.

Nous allons construire un deuxième bassin de décantation au PK 24+300 pour protéger un vaste terrain agricole. Il permettra de retenir les sédiments, les nutriments et les pesticides présents dans les eaux de ruissellement, préservant ainsi la qualité des sols et garantissant la santé des cultures.

N BV	PK	A(Km²)	Tc(h)	I(t) 50ans	Q(m³/s) 50ans	Type de l'ouvrage	Dimension d'ouvrage
BV1	24+071	59.360	5.05	14.3	117.98	VIA	425 m
BV2	26+893	0.126	0,093	133,49	2.33	Buse	Φ1000
BV3	27+014	0.238	0,187	90,50	2.99	Buse	Φ1200
BV4	27+862	0.252	0,216	83,41	2.92	Buse	Φ1200
BV5	28+300	1.330	0,481	53,28	9.84	Dalot	1.5×2
BV6	28+808	16.770	2.64	20.55	47.90	VIA	150 m
BV7	30+764	0.023	0,028	260,50	1.24	VIA	350 m
BV8	30+830	0.058	0,044	202,57	2.44	VIA	350 m
BV9	31+033	0.139	0,070	155,75	4.51	VIA	350 m
BV10	31+631	0.178	0,0624	167,35	6.21	Dalot	1.5×1.5
BV11	32+022	0.097	0,047	194,00	3.92	Buse	Φ1200
BV12	32+113	0.044	0,033	236,95	2.17	VIA	250 m
BV13	32+232	0.264	0,078	147,38	8.11	VIA	250 m
BV14	33+446	0.229	0,073	152,81	7.29	Dalot	1.5×1.5
BV15	33+740	0.159	0,079	145,98	4.83	Buse	Φ1500







ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	titre de Planche 4	Année universitaire
ETUDE EN APD D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE LA 4EME ROCADE D'ALGER SUR 11KM DU PK 23+000 AU PK 34+000 AVEC LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR DE HANNACHA	CHEIKHAOUI AZOUNI	Mr GOUMETTRE AHMED	1/900 1/600 1/28000	delimitation des bassins versants	2022 / 2023

CHAPITRE X : CUBATURES

X. CUBATURES :

X.1 INTRODUCTION :

Les cubatures d'un projet routier font référence à la quantité de matériaux nécessaires pour la construction de la route, tels que le remblai, le déblai, la couche de fondation, la couche de base et la couche de roulement. Les cubatures sont importantes car elles permettent de déterminer la quantité de matériaux nécessaires pour réaliser le projet et donc de planifier les coûts et les délais de construction.

Le processus de cubature implique la mesure des volumes de terre à déplacer pour créer la structure routière. Cela peut être réalisé en utilisant des méthodes de levé topographique telles que la méthode des sections transversales ou des logiciels de modélisation 3D. Les données collectées sont ensuite utilisées pour calculer les quantités exactes de matériaux nécessaires pour le projet.

Le chapitre des cubatures dans un projet routier est donc un élément important du processus de planification et de construction. Il permet de s'assurer que la quantité de matériaux nécessaire est correctement estimée et que les coûts et les délais du projet sont bien évalués.

X.2 Méthodes de calcul des cubatures :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

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

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

X.3 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 :

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

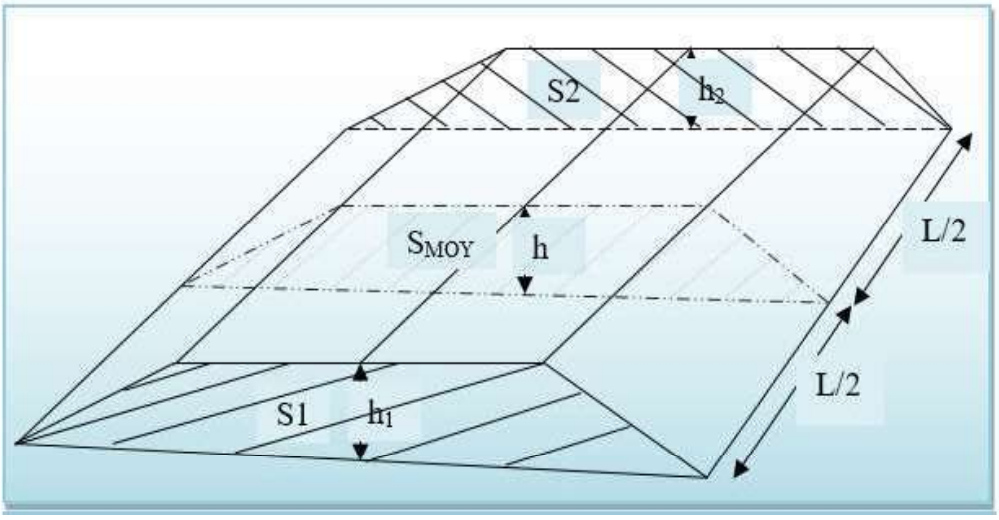


Figure X-1 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné

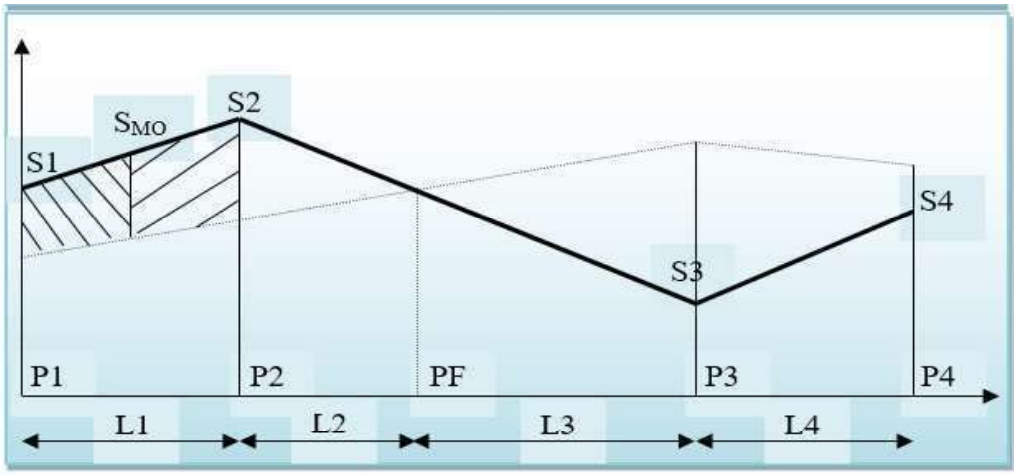


Figure X-2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

- ✓ PF: profil fictive, surface nulle
- ✓ S1: surface de profil en travers P1
- ✓ S2: surface de profil en travers P2
- ✓ L1 : distance entre ces deux profils
- ✓ S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L1)

Pour un calcul plus simple, on a considéré que :

$$\mathbf{S_{MOY} = \frac{S_1 + S_2}{2}}$$

Alors : $$\mathbf{V = \frac{L1}{2}(S_1 + S_2)}$$

Donc les volumes seront :

- ✓ $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P1 et P2
- ✓ $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$ Entre P2 et PF
- ✓ $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$ Entre PF et P3
- ✓ $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$ Entre P3 et P4

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

$$\mathbf{V} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

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

I.1 Calcul des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel **AUTOPISTE**,

I.2 Les matériaux du terrassement :

Tableau X-1 : les matériaux du terrassement

MATERIAU	VOLUME CUMULE (M^3)
Déblais	**10116089.3**
Remblais	**676304.3**
Décapage	**403367.7**

I.3 Les matériaux de la chaussée :

Tableau X-2 : les matériaux de la chaussée

MATERIAU	VOLUME CUMULE(M^3)
BB	**24095.1**
GB	**68460.4**
TUF	**194354.5**
TERRE VEGETALE	**10467.8**
CIMENT (T.P.C)	**1862.7**

- ✓ Les résultats complets de calcul sont joints en **annexe de cubature**.

CHAPITRE XI : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

XI. Etude de stabilité des talus :

XI.1 Introduction :

Les glissements de terrain affectent les pentes naturelles et les pentes construites par homme, en raison des caractéristiques géotechniques médiocres, c'est pourquoi la vérification de stabilité des talus est une phase primordiale dans l'étude d'un projet routier.

On étudie la stabilité des pentes et talus lors de la construction d'ouvrage divers de génie civil, tel que les routes (profils en remblai ou en déblai).

Dans la plupart des situations il s'agit d'assurer la stabilité, sous l'action du poids propre et éventuellement de surcharges.

XI.2 Objectif de l'étude :

Consiste en analyser la stabilité des pentes de remblais et de déblai, en basant sur les résultats des essais in-situ réalisés et les résultats des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés, afin de proposer les pentes à adopter pour les remblais et les déblais.

Types des glissements :

- Glissements plans.
- Glissements rationnels.
- Glissements composites.

XI.3 La Méthode de calcul :

Le calcul de la stabilité est fait avec les coefficients partiels à l'aide du logiciel. Roc science slide v6

La méthode du calcul à la rupture proposée dans SLIDE 6 représente une approche cinématique par l'extérieur de la charge de rupture des ouvrages géotechniques.

SLIDE 6 est un programme qui permet d'analyser la stabilité des sols et déterminer la surface de rupture potentielle. Il est basé sur la méthode des tranches qui donne un coefficient de sécurité pour l'ensemble des zones étudiées en considérant un comportement rigide plastique du sol.

XI.4 Analyse de la stabilité des talus :

La hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais sont représentés dans **L'annexe de stabilité de talus**

XI.5 Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur de déblais la plus importante, à savoir au **PK 32+550**, cette hauteur est de **37.78 m** pour cela on utilise le logiciel SLIDE 6.0. En tenant en compte les paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de **3H :2V**.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Le niveau phréatique est pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

XI.5.1 Facteur de sécurité :

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible. Si **FS≥1** La stabilité est théoriquement assurée, mais en considérant l'incertitude de la conception et de la réalisation du talus, nous avons appliqué le facteur de sécurité admissible.

Tableau XI-1 : Facteurs de sécurité

Catégorie		Facteur de sécurité
Déblai	Long terme	Fs >1.5
	Court terme	Fs >1.3
	Sismique	Fs >1

XI.5.2 Paramètres Géotechniques :

Tableau XI-2 : Les paramètres géotechniques des sols en déblais

Formation geologique	Épaisseur	Court terme		Long terme		
		γ(KN/m^3)	C_U(Kpa)	γ(KN/m^3)	C'(Kpa)	Φ'
Pélite gris brunâtre, très faible à faible, Pélite modérément à fortement altérée	14.5m	25	-	25	60	21
Pélite gris foncé, forte à très forte, Pélite fraîche légèrement altérée.	Au-dessous de 14.5m	26	-	26	125	30

XI.5.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Les analyses numériques à l'équilibre limite ont été faite à partir du logiciel **SLIDE 6.0.**

Utilisant le cas de déblai le plus défavorable dans les 3 cas :

- Long terme :

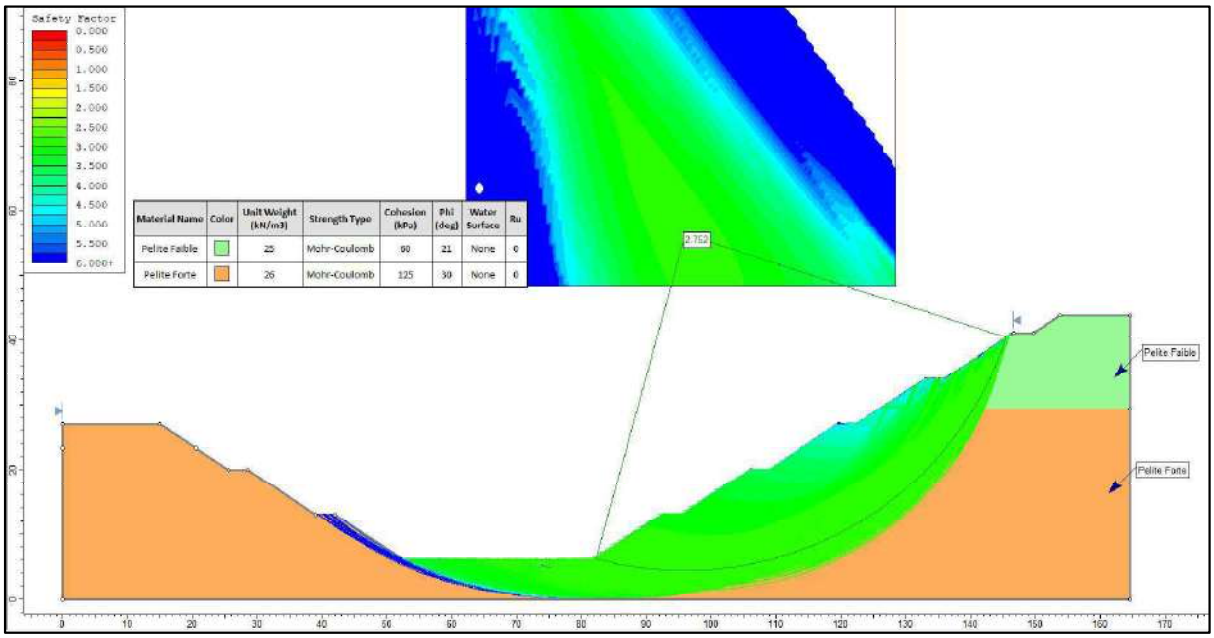


Figure XI-1 : Analyse de stabilité de la section PK :32+550

- Cas dynamique :

Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA : $K_h = 0.125$ $K_V = 0.038$

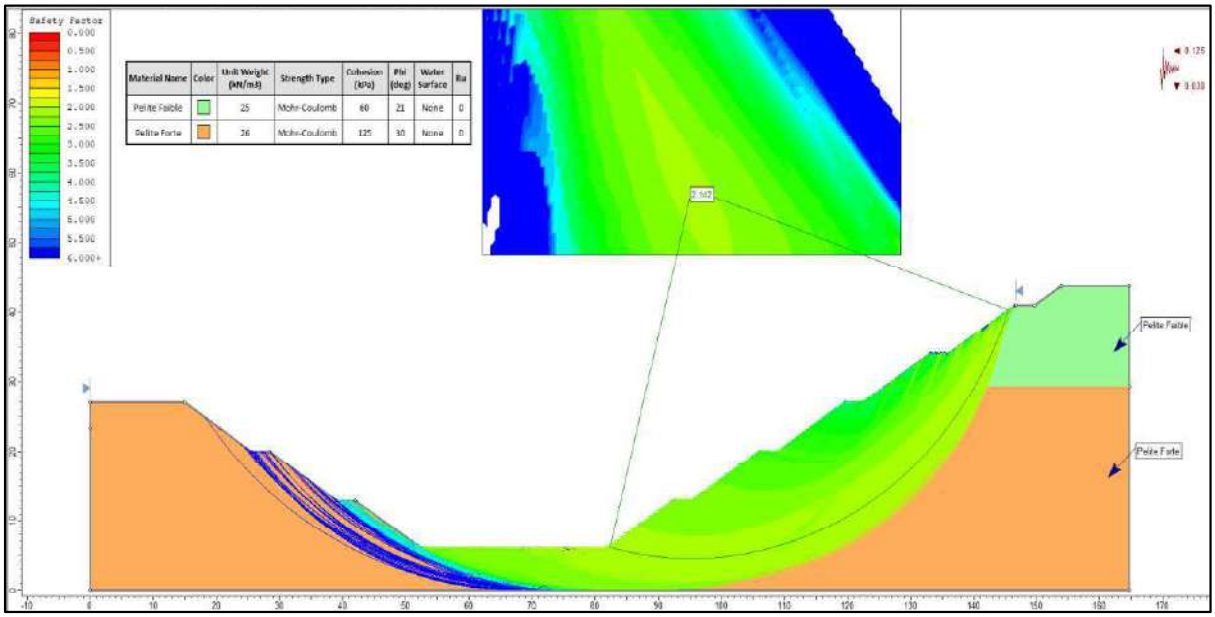


Figure XI-2 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK :32+550.

XI.5.4 Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : $F_S = 2.7 > 1.5 \Rightarrow$ **vérifier**
- Cas dynamique (sismique) : $F_S = 2.1 > 1 \Rightarrow$ **vérifier**

Avec la pente **(3H/2V)**, les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité, Ceci nous permet de qualifier la situation du terrain dans l'état actuel comme stable.

XI.6 Analyse de stabilité du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profile qui présente la hauteur de remblais la plus importante, à savoir au **PK 33+735**, cette hauteur est de **17.67 m**, et pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis de glissement. Avec les considérations précédentes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de **3H :2V**.

XI.6.1 Paramètres Géotechniques :

Tableau XI-3 : Les paramètres géotechniques des sols en remblais

Formation geologique	Épaisseur	Court terme		Long terme		
		γ(KN/m^3)	C_U(Kpa)	γ(KN/m^3)	C'(Kpa)	Φ'
Remblais	17.67	18	-	18	25	30
Sol de fondation Pelite	3.5m	18	-	18	48	21

XI.6.2 Charge d'exploitation :

La charge d'exploitation est de l'ordre de **Q = 20 KN/m^2** (surcharge routière).

XI.6.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Utilisant le cas de remblai le plus défavorable dans les 3 cas :

- Long terme :

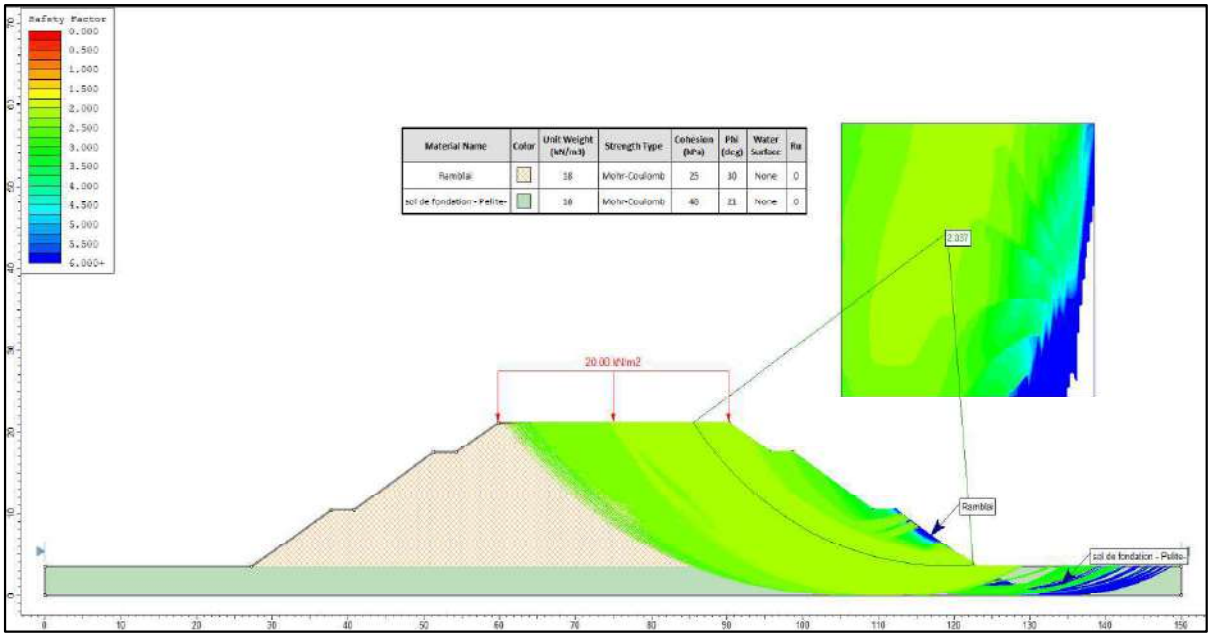


Figure XI-3 : Analyse de stabilité de la section PK 33+735

- Cas dynamique : Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA : $\mathbf{K_h = 0.125}$ et $\mathbf{K_v = 0.038}$

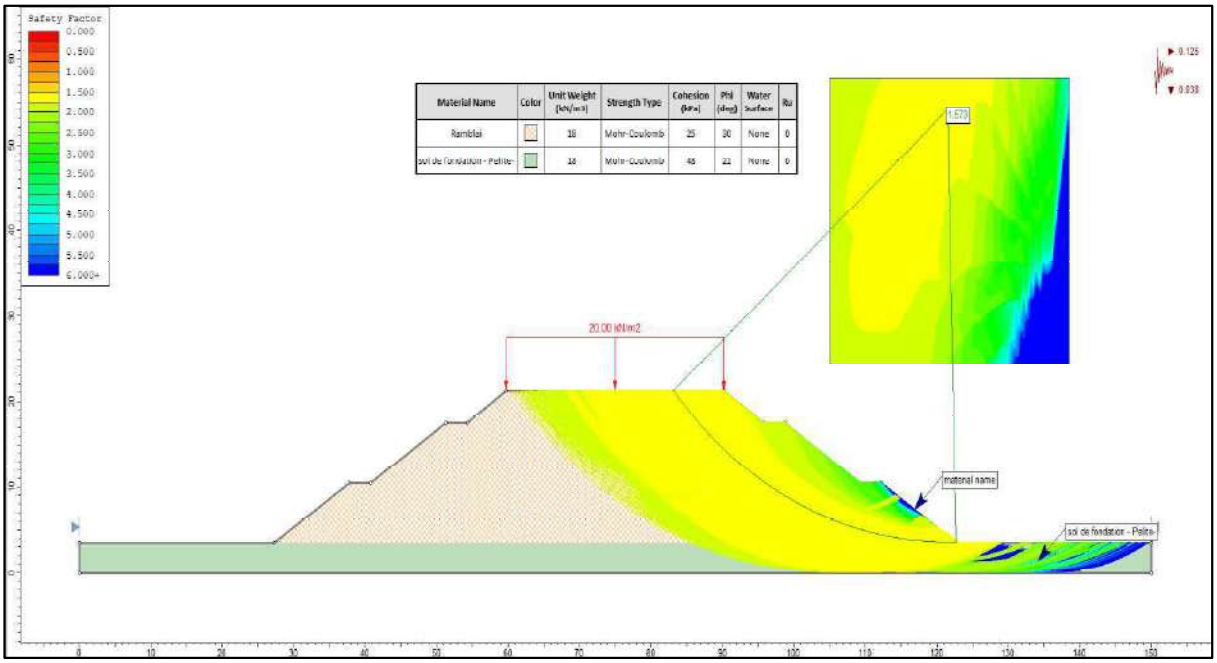


Figure XI-4 : Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK : PK 33+735

- Court terme : pas de vérification de stabilité des talus car l'eau souterraine n'est pas indiquée dans les études de recherche.

XI.6.4 Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : $F_S = 2.037 > 1.5 \Rightarrow$ **vérifier**
- Cas dynamique (sismique) : $F_S = 1.573 > 1 \Rightarrow$ **vérifier**

Avec la pente **(3H/2V)**, les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité.

- Remarque : Une troisième analyse de stabilité a été effectuée pour évaluer la stabilité d'un important déblais situé sur un sol argileux marneux **(PK 25+440)**. Les résultats détaillés de cette analyse sont présentés en annexe de stabilité de talus

XI.7 Conclusion :

D'après l'analyse des résultats présidents, on conclut que dans les deux cas (remblai et déblai) le terrain est stable car l'ensemble des facteurs de sécurité sont supérieurs à la valeur limite de chaque cas.

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XII.1 Introduction :

L'échangeur est un croisement étagé (un carrefour dénivelé) entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. Il a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps.

Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

La conception d'un échangeur est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du coût du projet et de sa durabilité.

XII.2 Les constituants des échangeurs :

Les éléments constituants des échangeurs sont :

- ✓ Ouvrage d'art : Pour assurer un passage supérieur ou inférieur.
- ✓ Carrefours plans : On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routier ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.
- ✓ Bretelles : Ce sont des voies détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent.

XII.3 Type des échangeurs :

Les principaux types d'échangeurs sont :

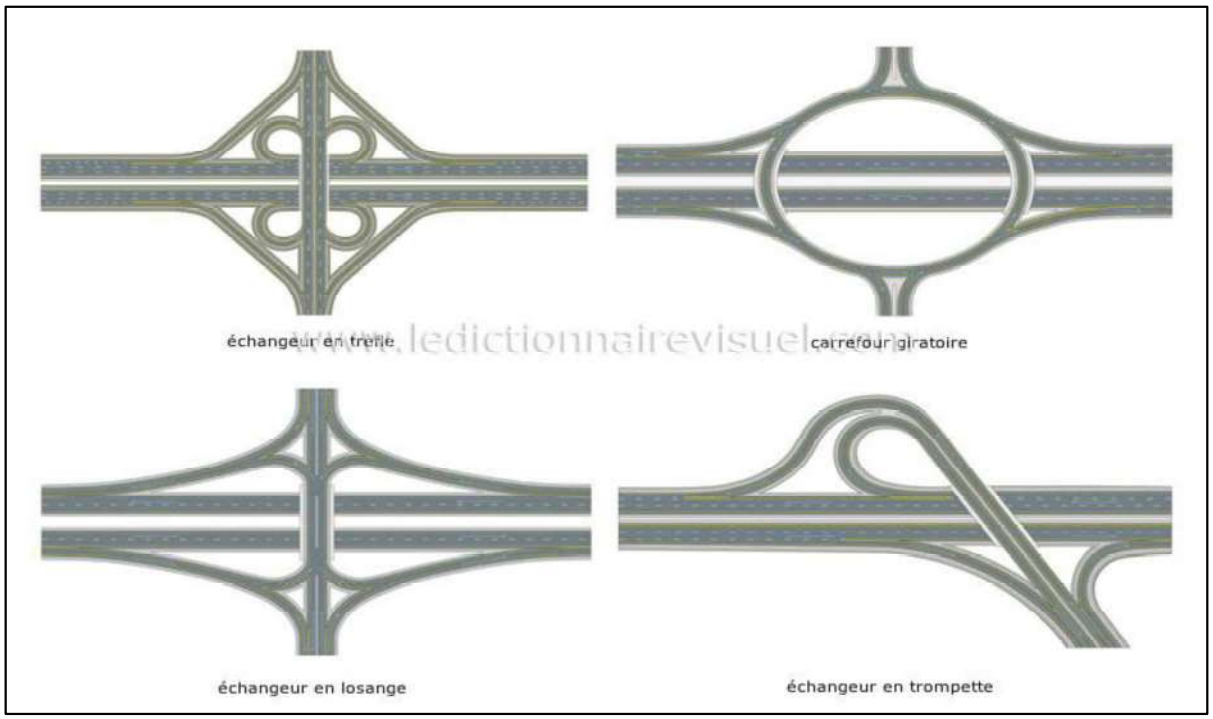


Figure XII-1 : type d'échangeurs.

XII.3.1 Echangeur majeur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-autoroute.

L'échangeur majeur raccorde deux routes ou autoroutes de niveau de service élevé ; les cisaillements ne sont pas dans ces cas tolérés.

Ce sont les configurations suivantes :

- ✓ **Trèfles complets** : pour des raccordements à quatre branches : c'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré.

XII.3.2 Echangeur mineur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-route ordinaire.

- ✓ **Trompette** : pour les raccordements à trois branches : il est utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches et comporte : alignement droit commun à toutes les bretelles, une boucle « entrée ou sortie », une diagonale de sortie.
- ✓ **Losange** : Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

XII.4 Les avantages :

Les échangeurs permettent notamment de :

- ✓ Faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.
- ✓ Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ✓ Eviter les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.
- ✓ Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.

XII.5 Règles 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 long terme, et pour diminuer son prix de revient, tout en évitant :

- ✓ Passage sur terrain agricole.
- ✓ Passage au voisinage 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 terrassements importants.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

XII.6 Choix du type d'échangeur :

- ✓ **1ère Etape : Détermination du tracé à partir de :**
  - Type de route et nombre de branches à raccorder.
  - Présentation du site d'implantation.
  - Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
  - Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.
- ✓ **2éme Etape : Configuration du tracé à adopter :**
  - Assurer un haut niveau de sécurité et de service par une tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements).
  - Des longueurs des voies réglementaires (Insertion et décélération).
- ✓ **3éme Etape : Analyse :**

Le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

XII.7 Application au projet :

XII.7.1 Description de l'échangeur :

Parmi les échangeurs, on distingue les nœuds qui assurent les liaisons entre autoroutes (Autoroute Est/Ouest et 4ème Rocade), et les diffuseurs qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.



Figure XII-2 : Carte de localisation de l'échangeur

Pour notre cas :

- ✓ L'échangeur relie la **Rocade** avec la **RN18**, donc on a un diffuseur intermédiaire entre les localités de Amoura Centre et Hennacha. Et distribue le trafic dans trois (3) directions.
- ✓ D'où notre échangeur est un échangeur mineur de type trompette

XII.7.2 Caractéristiques géométriques des bretelles :

XII.7.2.1 Vitesse sur les bretelles :

- ✓ La vitesse sur la rocade est 110Km/h.
- ✓ La vitesse sur la route est 80 Km/h.
- ✓ La vitesse sur l'échangeur est 50 à 70 Km/h

XII.7.2.2 Distribution du trafic :

- ✓ L'échangeur distribue le trafic dans trois (3) directions.
- ✓ Le trafic inferieure a 1200 uvp/h a la mise en service donc on a choisi des bretelles a une voie

XII.7.2.3 Tracé :

XII.7.2.3.1 Valeurs limites des rayons :

Tableau XII-1 : les valeurs des rayons pour les bretelles

	Rayon minimal au devers normal R_{dn}	Rayon minimale déversé à 7% R_m
Bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins	300m	40 m (Avec 100 m minimum pour la 1ère rencontre hors sortie en boucle)

XII.7.2.3.2 Raccordement avec l'autoroute :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisée en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

XII.7.2.3.3 Voie de décélération :

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/s^2.

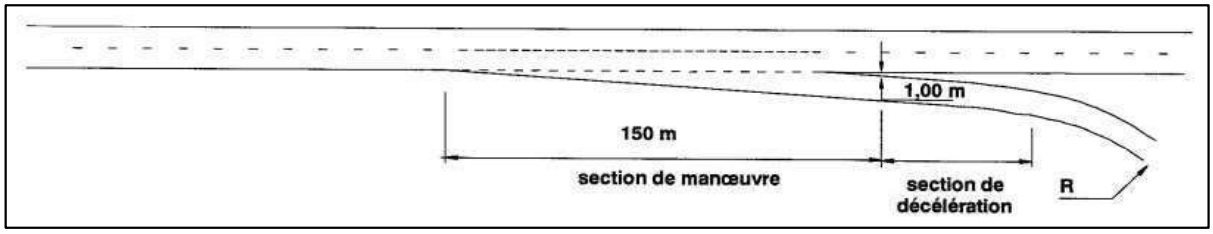


Figure XII-3 : Dispositif de sortie de l'autoroute

XII.7.2.3.4 Voie d'accélération :

- 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/s^2.

✓ 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**.

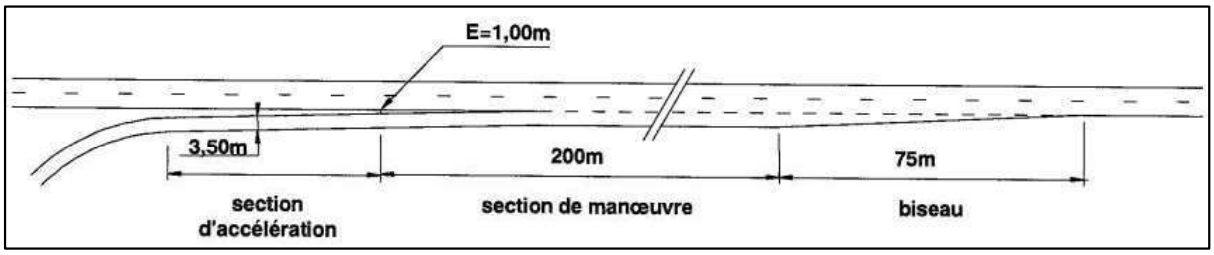


Figure XII-4 : Dispositif d'entrée de l'autoroute

XII.7.2.3.5 Raccordement progressif :

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1,5 Rdn est encadrée par deux arcs de clothoïde. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rdn dans les bretelles. La longueur L_{cl} des arcs de clothoïde est égale :

✓ Pour les bretelles ou branches à une voie, à la plus grande des deux valeurs :
$6R^{0,4}$ et $7|\Delta d|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $|\Delta d|$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordé

Remarque : Les détails du calcul de la longueur de la cloison pour tous les rayons utilisés dans les axes de l'échangeur sont présentés dans **l'annexe de l'échangeur.**

- ✓ Le calcul des axes de l'échangeur est traité t à l'aide de logiciel Autopiste,
  - Axe 1 (bretelle N=01)
  - Axe 2 (bretelle N=02)
  - Axe 3 (la route d'entrée)
  - Axe 4 (la boucle)
  - Axe 5 (la bretelle N=03)
- ✓ Les détails du tracé sont donnés en **annexe de l'échangeur**

XII.8 Profil en travers de la bretelle :

Les largeurs des composantes du profil en travers de notre projet sont les suivantes :

Tableau XII-2 : Largeurs des composants du profil en travers

Berme	B.D.G	Chaussée + S	B.D.D	Berme
1 m	0.5	3.5+1.5	1	1 m

XII.9 Visibilité :

XII.9.1 Principales distances de visibilité :

Distance d'arrêt (da) :

La distance d'arrêt est calculée comme la somme de la distance parcourue pendant le temps de perception - réaction et de la distance de freinage.

$$d_a = 2v + \frac{v^2}{2g\,(\gamma(v) + p)}$$ Avec :

- v : la vitesse en m/s.
- γ(v) : la décélération moyenne exprimée en fraction de g=9,81 m/s² ; elle dépend de v.
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

Au sein des courbes de rayon R < 5V, (v exprimé en km/h et R exprimé en m), la distance d'arrêt est remplacée par la distance d'arrêt en courbe. Elle se détermine de façon analogue à la distance d'arrêt, la distance de freinage étant majorée de 25 %.

$$d_{ac} = 2v + 1{,}25\,\frac{v^2}{2g\,(\gamma(v) + p)}$$

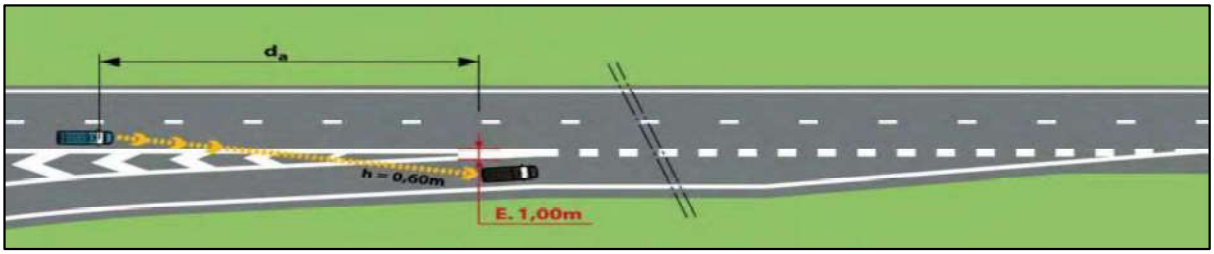


Figure XII-5 : distance d'arrêt.

Distance de manœuvre en sortie (d_{ms}) :

La distance de manœuvre en sortie correspond à la distance parcourue durant 6 secondes :

$$d_{ms} = 6v.$$

Avec v : la vitesse en m/s

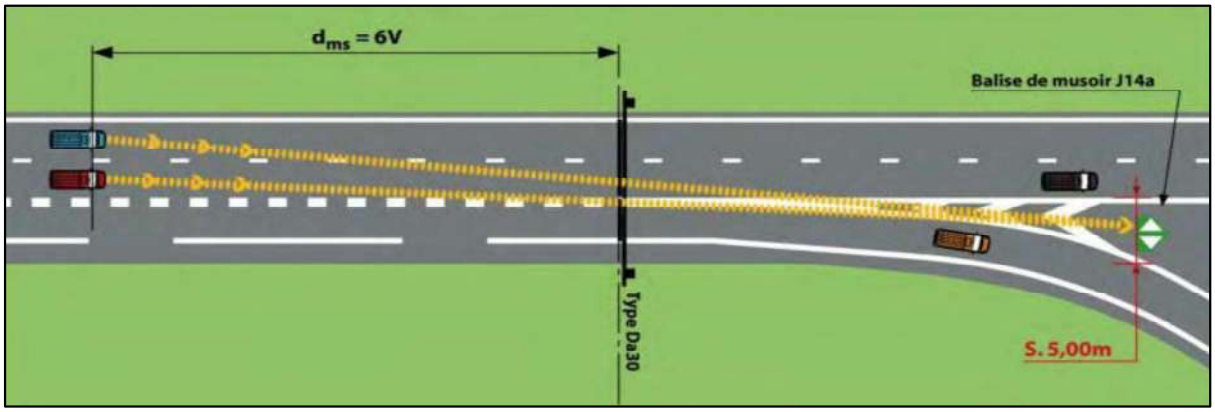


Figure XII-6 : Visibilité sue une sortie d'autoroute.

Distance de visibilité sur marquage (d_{vm}) :

La distance de visibilité sur marquage correspond à la distance parcourue durant 3 secondes.

$$dv_m = 3.v$$

Avec v : la vitesse en m/s

Distance de lecture (L_c) :

Définissant la distance minimale permettant à l'usage de lire les informations sur les panneaux de signalisation :

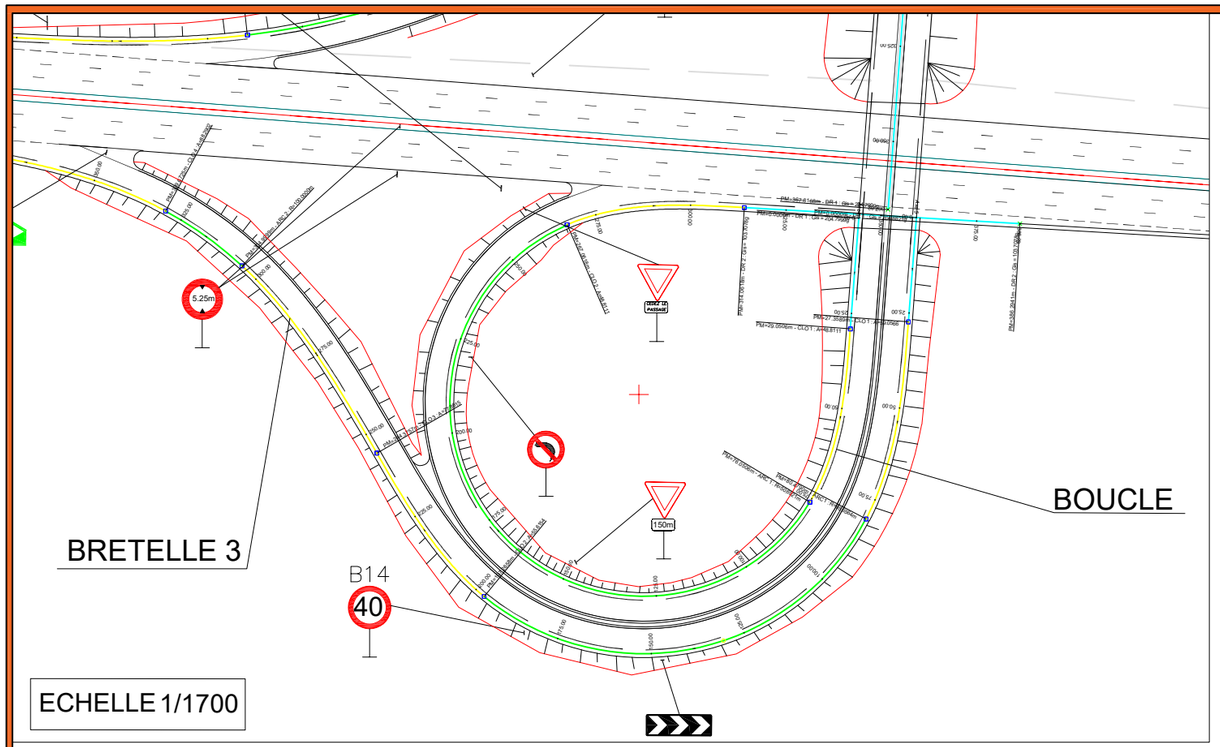
$$L_c = 5.V$$

Avec V en m/s.

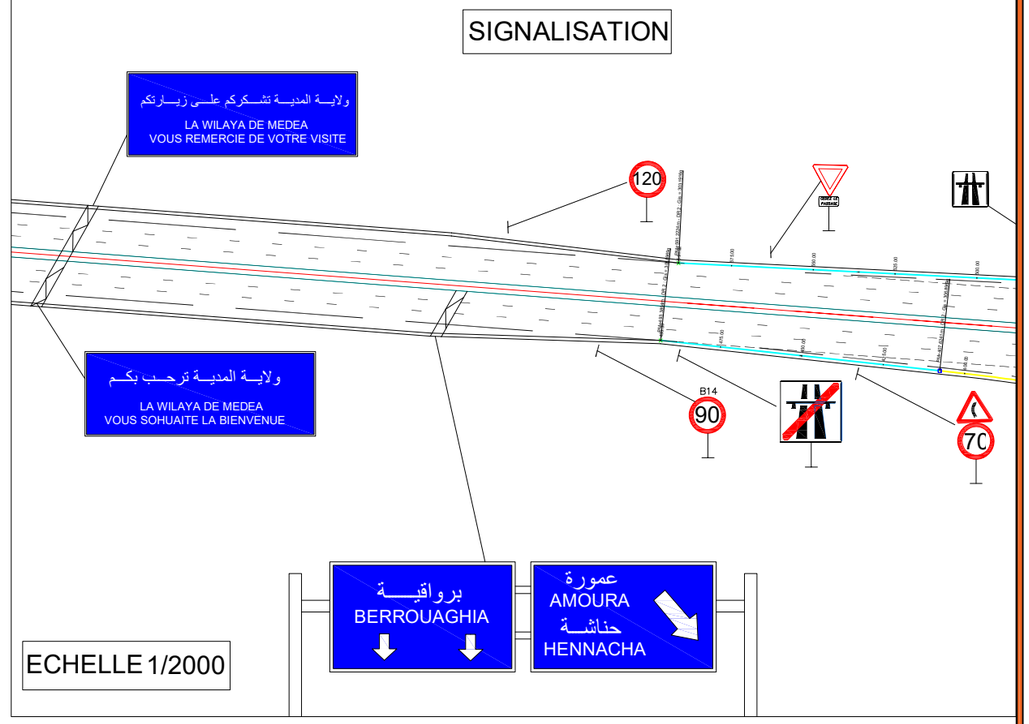
Les principales valeurs des distances définies ci-avant sont données dans le tableau suivant :

Tableau XII-3 : Principales distances de visibilité

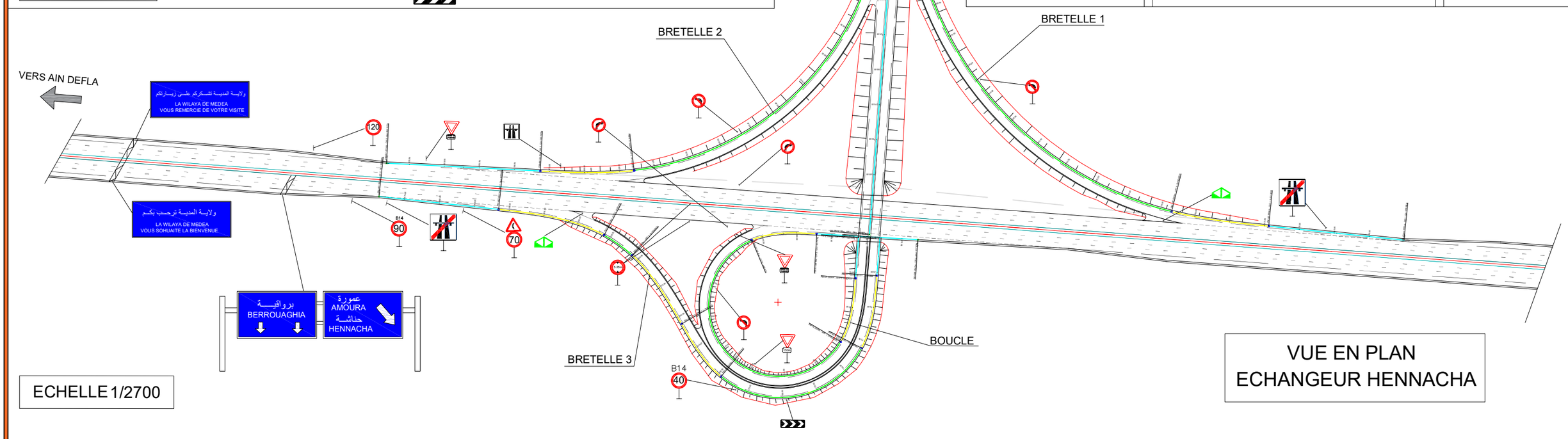
Vitesse (km/h)	110
Vitesse (m/s)	30.6
Décélération moyenne γ(v)	0.36 m/s^2
Distance d'arrêt en palier	195 m
Distance d'arrêt en courbe R<5V	230 m
Distance de manœuvre en sortie d_{ms}	185 m
Distance de visibilité sur marquage d_{vm}	95 m
Distance de lecture l_c	150 m



ECHELLE 1/1700



ECHELLE 1/2000



ECHELLE 1/2700

VUE EN PLAN
ECHANGEUR HENNACHA

ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail** : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	titre de Planche 5	Année universitair
ETUDE EN APD D'UN TRONCON AUTOROUTIER DE LA 4EME ROCADE D'ALGER SUR 11KM DU PK 23+000 AU PK 34+000 AVEC LA CONCEPTION DE L'ECHANGEUR DE HENNACHA	CHEIKHAOUI AZOUNI	Mr.GOUMETTRE	1/1700 1/2000 1/2700	conception de l'echangeur	2022 / 2023

CHAPITRE XIII : OUVRAGES D'ART

XIII. OUVRAGES D'ART

XIII.1 INTRODUCTION :

Les ouvrages d'art constituent un élément essentiel de notre infrastructure moderne. Ponts, tunnels, viaducs et autres structures similaires jouent un rôle crucial dans la connectivité et la mobilité de nos sociétés. Ils permettent le passage sûr des véhicules, des piétons et des différents réseaux de transport. Ce chapitre présentera les ouvrages d'art à concevoir pour franchir les obstacles.

XIII.2 Présentation des ouvrages :

Les ouvrages d'art de notre projet de la 4ème rocade du PK 23+000 au PK 34+000 sont :

Tableau XIII-1 : Les ouvrages au niveau du tracé.

Type D'ouvrage D'art	PK	Contrainte	Longueur(m)	Largeur par sens
Viaduc 01	23+800 au 24+225	Oued Chlef	425	15
Viaduc 02	28+750 au 28+900	Grand remblais	150	15
Viaduc 03	30+700 au 31+50	Grand remblais	350	15
Viaduc 04	32+75 au 32+325	Grand remblais	250	15

Tableau XIII-2 : Les ouvrages d'art non courants.

Type d'ouvrage d'art	PK	CONTRAINTE	Longueur(m)	Largeur par sens
Passages supérieure 1	23+150	CW 21	60	9.5
Passages supérieure 2	24+700	Echangeur	60	7
Passages supérieure 3	26+200	Un chemin rural traverse l'autoroute	48	4.5
Passages supérieure 4	27+600	Un chemin rural traverse l'autoroute	60	4.5
Passages supérieure 5	29+900	Un chemin rural traverse l'autoroute	48	4.5

XIII.3 Gabarit à réserver :

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré Perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- ✓ Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.
- ✓ Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m.

XIII.4 Choix du type de l'ouvrage :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage, Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- ✓ La nature du sol.
- ✓ Le profil en long de la chaussée.
- ✓ La portée de l'ouvrage.
- ✓ Position possible des appuis.

Pour notre projet on propose deux types de pont :

XIII.4.1 Les ponts à poutres en béton armé :

Les ponts à poutres en béton armé sont des structures de ponts construites à l'aide de poutres en béton renforcé par de l'acier. Ils présentent plusieurs avantages, tels que leur résistance élevée, leur durabilité face aux conditions environnementales, leur flexibilité de conception, leur coût relativement bas et leur construction rapide. Cependant, ils ont aussi des inconvénients, notamment leur poids élevé, leur portée limitée, leur besoin de maintenance régulière et leur esthétique parfois considérée comme moins attrayante. Malgré cela, les ponts à poutres en béton armé restent une solution solide pour de nombreux projets de ponts.

XIII.4.2 Les ponts à poutres en béton précontraintes :

Les ponts en béton précontraint présentent des avantages significatifs par rapport aux ponts en béton armé. Ils offrent une résistance accrue, permettent des portées plus longues, améliorent la durabilité, réalisent des économies de matériaux et offrent une esthétique améliorée. Cependant, ils requièrent une conception et une construction plus complexes, nécessitent une maintenance spécialisée et ont des coûts initiaux plus élevés. Malgré ces inconvénients, les ponts en béton précontraint restent une solution viable pour de nombreux projets de ponts, offrant des performances supérieures et une plus grande liberté de conception.

XIII.4.3 Solution technique retenue :

Vu les avantages et les inconvénients de chaque type et vue les conditions techniques exiger par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le tableau suivant :

Viaduc	PK	Solution recommandé	Hauteur (max)
Viaduc 01	23+800 au 24+225	À poutre en béton précontrainte	16
Viaduc 02	28+750 au 28+900	À poutre en béton précontrainte	33
Viaduc 03	30+700 au 31+50	À poutre en béton précontrainte	22
Viaduc 04	32+075 au 32+325	À poutre en béton précontrainte	29.5

CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS ROUTIER

XIV. Signalisation et équipements routier :

XIV.1 Introduction :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers. Bien signaler c'est bien communiquer.

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

XIV.2 L'objet de la signalisation routier :

La signalisation routière a pour objet :

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

XIV.3 Types de signalisation :

Dans ce cas on distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

XIV.3.1 Signalisation verticale :

Dans la présente étude, la signalisation verticale comportera les catégories suivantes :

- ✓ Signalisation de Police (Danger, de Prescription et d'Indication)
- ✓ Signalisation de Direction
- ✓ Signalisation de localisation

Les panneaux seront conformes aux normes internationales.

XIV.3.1.1 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication) :

La signalisation de police est destinée à alerter les usagers des différents dangers, à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route est composée de panneaux suivants :

- ✓ Prescription : Panneau de type B14, limitation de vitesse à 120 km/h en section courante, ce panneau est rappelé chaque 1,5 km. Cette vitesse est réduite progressivement par pallier de 20 km/h à l'approche des voies de sortie de l'autoroute, soit à 60 km/h ensuite 40 km/h sur les rampes des échangeurs.
- ✓ Danger : Panneau de type A16 (descente à forte déclivité)

- **Dimensionnement des panneaux:**

La gamme proposée pour les signaux est:

✓ Très grande gamme sur la section courante de l'autoroute

✓ Gamme normale sur les bretelles de l'échangeur de HENNACHA (PK24+700)

- **Implantation :**

✓ Les panneaux utilisés seront implantés sur la berme de l'accotement,

✓ Les supports de portiques, potences, etc. seront isolés par des glissières de sécurité, lorsqu'ils ne peuvent pas être repoussés au-delà de la zone de sécurité. Chaussée B.

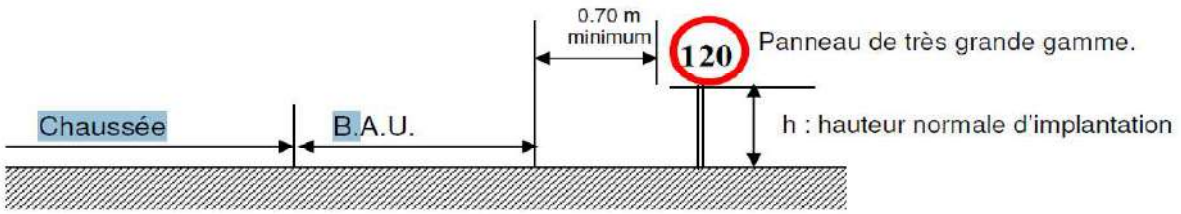


Figure XIV-1 : implantation des panneaux

- **Signalisation descente à forte déclivité**

Toute la descente dont la déclivité soit supérieure à 4% est susceptible de présenter des problèmes de sécurité donc Ce panneau sera ensuite répété au milieu de la section dangereuse.

Tableau XIV-1 : descente à forte déclivité de projet

DIRECTION AIN DEFLA					
Du Pk	Au Pk	Pente	Du Pk	Au Pk	Pente
24+150	25+475	6 %	31+100	31+850	6 %
26+925	27+600	4.96 %	31+850	32+375	4.12 %
29+125	29+800	6 %	32+375	32+875	6 %

XIV.3.1.2 Signalisation de Direction :

Les principales destinations desservies par l'Autoroute sont :

✓ Les communes plus importantes rencontrées sur la route primaire proximale l'autoroute : AMOURA, HENNACHA

Il y aura aussi signalé les indications des destinations des carrefours des rétablissements des routes principales :

ce type de signalisation sera mis en place sur des portiques indiquant les différentes directions (les centres urbains proches et les grandes villes et wilayas limitrophes). Le gabarit sous portique sera de 5,50 m.

- **Pour la signalisation d'un échangeur nous préconisons la séquence suivante :**

✓ Portique de pré signalisation placé à 1000 m du début de la voie de déboîtement. Ce panneau comporte la mention de la prochaine sortie, sert à avertir l'usager à l'avance de la présence d'une sortie.

✓ Portique de signalisation placé entre 0 et 50m du début de la voie de déboîtement et supporte deux panneaux indiquant l'un, la mention de sortie par une flèche inclinée et l'autre, la filante signalant la prochaine sortie ainsi que la destination finale par deux flèches droites. (La destination finale vient toujours en dessous de la prochaine destination).

✓ Panneau de confirmation au niveau de la séparation des voies. Ce panneau n'indique que la sortie par une flèche.

XIV.3.1.3 Signalisation de Localisation

Cette signalisation permet de porter à la connaissance de l'usager le nom d'un lieu traversé par la route et de se repérer. Elle est réalisée par des panneaux de type E30 implantée en position. Dans notre projet, il s'agit essentiellement des franchissements des écoulements (oued Chlef).

XIV.3.2 Signalisation horizontale :

En section courante, ce marquage assure le rôle de guidage par délimitation des voies de circulation et de prescription. Chaud selon la largeur et la modulation prévues dans l'Etude.

XIV.3.2.1 Catégorie de Marquage

Les catégories de marquages appliquées dans l'Etude sont les suivantes :

- Bandes Longitudinales

Bande continue de largeur variable

Bande discontinue de largeur et modulation variables

- Marquage Transversaux

✓ Ligne " STOP": largeur = 50 cm.

✓ Ligne "Cédez le Passage": largeur type 3.

- Autres Marquages

✓ Flèche de Rabattement

✓ Flèche de Sélection Unidirectionnelle

✓ Flèche de Sélection Bidirectionnelle

✓ Marquage d'Ilot

- **Bandes Longitudinales :**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente selon le type de route, sur les autoroutes **u=7,5 cm**

La largeur des lignes définie comprend 3 types :

- ✓ Type 1: Ligne d'axe, ligne axiale ou de délimitation des voies. (Largeur 2u)
- ✓ Type 2: Ligne de rive, ligne de délimitation de terre-plein central et ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence. (Largeur 3u)
- ✓ Type 3: Ligne de délimitation de voie d'accélération, de décélération, et ligne d'avertissement. (Largeur 5u)

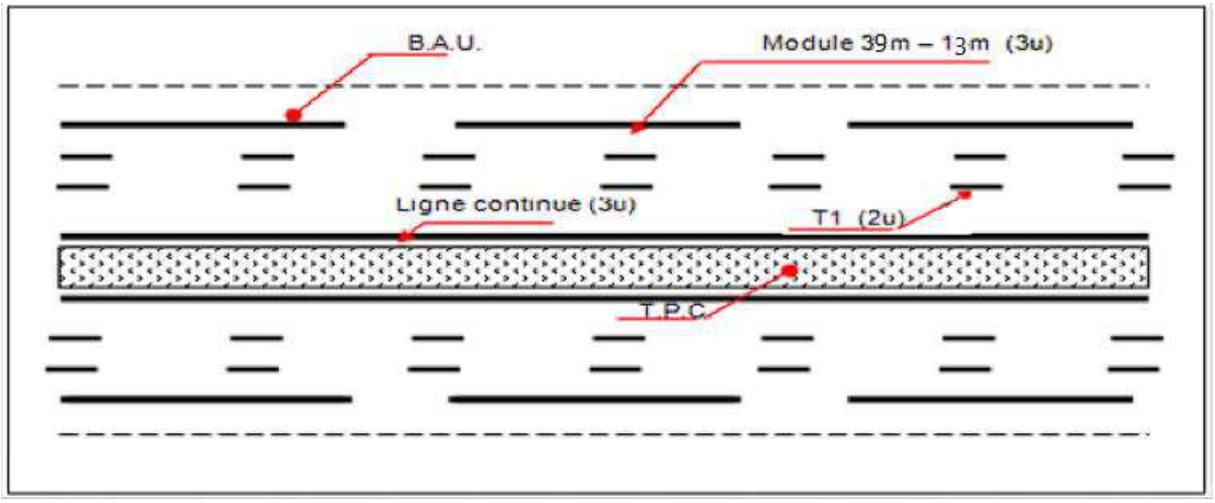


Figure XIV-2 : Marquage en section courante.

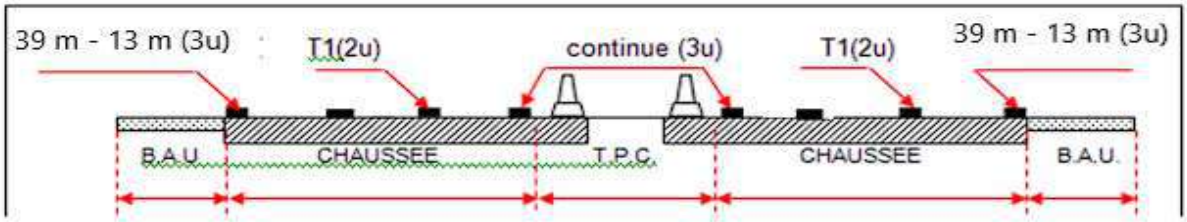


Figure XIV-3 : éléments constitutifs du profil en travers

XIV.3.3 Autres signalisations :

- ✓ Les flèches de rabattement : indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
- ✓ Les flèches de sélection : situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée

Remarque :

Toutes les pièces graphiques de signalisation (horizontale et verticale) de notre projet de PK23+000 AU PK 34+000 sont présentées **dans l'annexe de signalisation et équipement routier.**

XIV.4 Equipement routier :

XIV.4.1 Dispositif de retenue :

- **Séparateurs en Béton :**

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

- **Emploi des dispositifs de retenue :**

Les glissières de sécurité sont nécessaires pour protéger les usagers de la route contre les dommages matériels et corporels lors d'une sortie de route

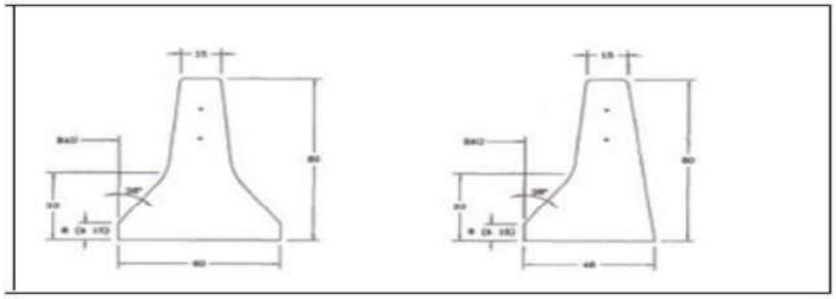


Figure XIV-4 : Les dispositifs de retenue.

XIV.4.2 Eclairage :

Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

XIV.4.2.1 Catégories d'éclairages :

✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.

XIV.4.2.2 Paramètres d'implantation des luminaires :

✓ L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.

✓ La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et 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.

✓ L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussé.

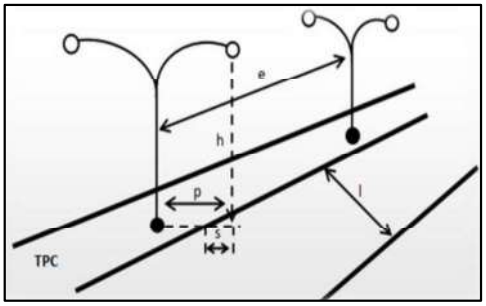


Figure XIV-5 : Paramètres de l'imploration des luminaires

CHAPITRE XV : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV. ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV.1 INTRODUCTION :

L'étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier est une étape cruciale pour évaluer ses conséquences potentielles sur l'environnement. Elle se divise en plusieurs étapes, commençant par une évaluation préliminaire pour déterminer l'étendue de l'étude. Des enquêtes de terrain sont ensuite menées pour collecter des données environnementales. Ces données permettent d'identifier les écosystèmes sensibles et les habitats en danger. Ensuite, une évaluation des impacts potentiels est réalisée en identifiant les effets directs et indirects du projet. Des mesures d'atténuation sont proposées pour réduire les impacts négatifs, telles que la construction de passages à faune ou l'installation de dispositifs anti-bruit. La consultation des parties prenantes est également essentielle pour recueillir des commentaires et améliorer les mesures d'atténuation.

XV.2 OBJECTIF DE L'ÉTUDE :

L'étude d'impact sur l'environnement a pour objectif de mesurer les effets du notre projet sur l'environnement et de proposer des mesures d'atténuation adéquates pour réduire, supprimer et si possible, compenser les effets nocifs sur l'environnement et la santé.

XV.3 ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET :

XV.3.1 IMPACTS POSITIFS DU PROJET :

- **DES IMPACTS POSITIFS 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.

✓ Le développement du réseau autoroutier des wilayas de Ain Defla et Médéa.

✓ Le soulagement de la région algéroise du trafic de transit empruntant l'Autoroute Est/Ouest et la 2ème Rocade d'Alger

- **DES IMPACTS POSITIFS INDIRECTS :**

✓ 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.

XV.3.2 IMPACTS NEGATIFS DU PROJET :

✓ L'expropriation des propriétés bâties ainsi que des terres, situées dans l'emprise du projet

✓ Les risques de pollution des oueds et points d'eau situés à proximité du projet.

✓ Les coupures temporaires des réseaux (routes, eau,)

✓ Les impacts négatifs sur l'agriculture,

✓ La destruction des populations végétales situés au droit de l'emprise

✓ La fragmentation des habitats d'espèces animales et la coupure d'axes de déplacement, notamment pour les mammifères et les amphibiens.

✓ Les Nuisances liées à la circulation des véhicules (bruit, pollution…), etc.

De façon plus détaillée, on distingue les impacts en phase travaux et ceux intervenant en phase exploitation.

XV.3.2.1 Impacts pendant la phase travaux :

- **Milieu physique :**

✓ Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air.

✓ Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés

✓ Le risque de dégradation de sols due à l'installation des chantiers.

✓ Les risques de pollution due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier

- **Milieu naturel :**

✓ Fléchissement local de populations végétales due aux travaux de défrichement et décapage

✓ Fléchissement local de populations animales par perte d'une partie de leur habitat ou de territoire ayant des fonctions écologiques spécifiques (gagnage, reproduction, abris, etc.) ;

✓ Nuisances liées à la circulation des véhicules (augmentation de la mortalité par collision) et des engins de chantier, au bruit, à l'émission de poussières et de polluants,

✓ Perturbations liées à l'introduction d'une barrière terrestre,

✓ Augmentation des Risques d'incendie.

- **Milieu humain :**

Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux portent sur l'expropriation des biens (bâtis, équipements agricoles et terrains), ainsi que des nuisances générées par la réalisation des travaux (terrassements, transports de matériaux etc…) :

- ✓ Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité
- ✓ Les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des riverains et des ouvriers.

- **Patrimoine et Paysage :**

La réalisation des travaux de la 4ème Rocade peut induire la mis à nu de vestiges archéologiques d'intérêt variable qui témoignent de l'ancienneté de l'occupation humaine des territoires traversés.

XV.3.2.2 Impacts pendant la phase d'exploitation

- **Milieu physique :**

- ✓ Risques d'érosion le long des talus de la nouvelle infrastructure,
- ✓ Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée)
- ✓ Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, augmentation des risques d'inondation

- **Milieu naturel :**

- ✓ À la fragmentation des habitats et à la coupure d'axes de déplacement, notamment pour les mammifères et les amphibiens.
- ✓ À l'augmentation du risque de mortalité par collision avec les véhicules
- ✓ Au dérangement de la faune : nuisances liées à la circulation des véhicules
- ✓ À la dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces

- **Milieu humain :**

Lors de la phase exploitation, les impacts négatifs pour le milieu humain concerneront principalement les nuisances sonores dues au trafic.

- **Patrimoine et Paysage :**

Le principal impact du projet sur le paysage en phase d'exploitation est lié à l'impact visuel.

XV.4 MESURES DE COMPENSATION ET D'ATTENUATION :

XV.4.1 MESURES EN PHASE CHANTIER :

- **Mesures pour la protection de l'atmosphère :**

Cela inclut le respect des réglementations sur le bruit et la limitation de la circulation des engins aux zones du projet. Les horaires de chantier sont réglementés et les pistes sont arrosées pour réduire les poussières. Des précautions sont prises pour éviter les opérations de chargement par vent fort, limiter la vitesse des engins et couvrir les zones de stockage de matériaux pulvérulents. De plus, seules les zones nécessaires sont défrichées et les surfaces terrassées sont rapidement végétalisées.

- **Mesures pour la protection des sols :**

✓ Optimiser au mieux possible les décapages des sols.
✓ Les talus sont conçus avec des pentes favorisant leur stabilité,
✓ Décapage de la terre végétale avant les travaux de terrassement
✓ Végétaliser les pentes afin de stabiliser les sols et limiter l'érosion.
✓ Confectionner des bassins multifonctions aux points bas pour collecter les eaux ruisselant sur l'autoroute et de les traiter avant le rejet dans le milieu naturel.
✓ Éviter de défricher pendant une saison trop pluvieuse.

- **Mesures pour la protection des ressources en eaux :**

✓ S'assurer que le dimensionnement des ouvrages de franchissement leur permet d'assurer les fonctions hydrologiques (évacuation des crues) et écologiques (corridors fauniques) des cours d'eau.
✓ Mettre en œuvre une bonne gestion environnementale de chantier comprenant le traitement des rejets, l'absence de ravitaillement des engins dans le lit des oueds ou à proximité, faire un choix raisonné des sites de stockage des matériaux (loin des zones pour lesquelles il existe un risque d'inondation).

- **Mesures pour la protection des milieux naturels**

✓ Limitation de la surface d'occupation
✓ Prévention des risques d'incendie de forêt
✓ Planification du chantier en tenant compte du cycle biologique de la faune. Ainsi, les défrichements seront réalisés dans la mesure du possible, en dehors des périodes de nidification et de reproduction (printemps) de la faune et de l'avifaune en particulier.
✓ Végétalisation des talus

- **Mesures pour la protection du milieu humain :**

✓ Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence

✓ Mettre en place des signalisations claires pour assurer la sécurité des personnes et des biens

✓ Remise en état des sites de chantier : les pistes, les accès, les zones de dépôts provisoires Et les dérivations établis pour le chantier,

✓ En matière de protection du patrimoine culturel, toute découverte fortuite de vestiges archéologiques lors des travaux de construction de l'autoroute, devra être déclarée, et des fouilles de sauvetages pourront être réalisées.

XV.4.2 MESURES EN PHASE D'EXPLOITATION :

- **Mesures vis-à-vis de l'hydrologie :**

✓ La mise en place d'un réseau (fossés latéraux (revêtus ou non) et des cunettes) Pour la Collecte des eaux de ruissellement afin de minimiser les risques d'érosion des talus de la plateforme autoroutière par les eaux de ruissellement

✓ Control de la qualité des eaux superficielles

✓ La mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales permettra de limiter la pollution accidentelle et la pollution chronique résultant du trafic évacué en direction des milieux récepteurs (oueds et barrage).

- **Mesures en faveur de la faune :**

✓ Minimisation de la mortalité (Clôtures) : la construction de barrières, comme des clôtures, est une des approches les plus courantes pour prévenir les collisions avec la faune. Leur défaut est d'accroître l'effet de barrière.

✓ Minimisation de l'effet barrière (Passages à faune) : utilisés conjointement avec les clôtures, les passages à faune supérieurs ou inférieurs donnent la possibilité aux animaux d'éviter une route, sans perturber leurs déplacements ou leurs migrations. Ainsi, les passages hydrauliques sont une bonne solution pour réduire l'effet de fragmentation d'une infrastructure de transport.

- **Mesures vis-à-vis de la circulation et du trafic : protections acoustiques**

✓ 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.

CHAPITRE XVI : PLANIFICATION DE PROJET

XVI.1 INTRODUCTION :

La planification est une étape cruciale dans la gestion de projet. C'est au cours de cette phase que les objectifs du projet sont définis, les ressources nécessaires sont identifiées et les activités sont organisées dans le temps. La planification permet de structurer le projet, d'établir un cadre de travail clair et de déterminer les étapes nécessaires pour atteindre les résultats escomptés.

XVI.2 LES RESSOURCES NECESSAIRES :

La réalisation d'un tronçon autoroutier de la 4ème rocade d'Alger, s'étendant du PK 23+000 au PK 34+000, représente un projet d'envergure nécessitant une quantité considérable de moyens matériels ans imposé par les spécifications du tracé qui comprennent l'extraction d'une grande quantité de déblais afin de respecter le délai de 2.5 ans, Alors Afin d'extraire les 10 millions de déblais requis pour ce projet, les équipements suivants seront nécessaires :

- Pelles mécaniques : Dans l'estimation, nous supposons l'utilisation de pelles de taille moyenne avec une capacité de charge d'environ 1,5 à 2,5 mètres cubes. Ainsi, il faudra prévoir 32 pelles mécaniques.
- Camions à benne basculante : En supposant l'utilisation de camions à benne basculante d'une capacité de 20 m^3 et un trajet de transport moyen, il faudra prévoir 112 camions à benne basculante.
- Chargeurs sur pneus : Pour assurer une extraction efficace des déblais, il faudra prévoir 20 chargeurs sur pneus de taille moyenne.
- Bulldozers : Étant donné la complexité du site, il faudra prévoir 10 bulldozers de taille moyenne pour mener à bien les opérations.
- Concasseurs : La quantité de concasseurs nécessaire dépendra de la capacité de traitement souhaitée et de la taille des déblais à traiter. Dans ce cas, il faudra prévoir un ou deux concasseurs pour le traitement des déblais.
- Convoyeurs : En fonction de la distance de transport des déblais, il faudra prévoir un ou deux convoyeurs pour assurer un transport efficace sur le site.
- Équipement de criblage : Un ou deux équipements de criblage seront nécessaires pour trier les matériaux extraits.
- Équipement de compactage : Pour compacter les matériaux une fois les déblais extraits, il faudra prévoir 7 compacteurs vibrants.

XVI.3 Planification de projet

L'organisation des taches de projet dans le temps a l'aide de logiciel de « **ms Project** » est présentée dans la page suivante :

ID	Ta: Mc	Task Name	Duration
1		**Projet: ETUDE APD DE LA 4EME ROCADE D'ALGER**	**606 days**
2		**Phase 1: INSTALLATION DE CHANTIER**	**90 days**
3		Tache 1.1: INSTALLATION DE CHANTIER	90 days
4		**Phase 2: Travaux de terrassements**	**343 days**
5		Tache 2.1: Décapage de la terre végétale sur	300 days
6		Tache 2.2: Excavation PK 23 AU PK 30+500	282 days
7		Tache 2.3: Excavation PK (30+500 - 31+500)	149 days
8		Tache 2.4: Excavation PK (31+500 - 32+500)	141 days
9		Tache 2.5: Excavation PK (32+500 - 33+500)	179 days
10		Tache 2.6: Excavation PK (33+500 - 34+000)	54 days
11		Tache 2.7: Déblais mise en remblais	135 days
12		**Phase 3: OUVRAGES D'ARTS**	**548 days**
13		Tache 3.1: VIADUC1(PK23+80 AU PK 24+225)	548 days
14		Tache 3.2:VIADUC2(PK28+750AU PK 28+900)	194 days
15		Tache 3.3:VIADUC 3(PK30+700 AU PK 31+50)	452 days
16		Tache 3.4: VIADUC4(PK32+75 AU PK 32+325)	323 days
17		**Phase 4: Travaux de voirie**	**454 days**
18		Tache 4.1: Pose de couche de forme et son	80 days
19		Tache 4.2: Pose de couche de forme et son	80 days
20		Tache 4.3: Pose de couche de fondation et	110 days
21		Tache 4.4: Pose de couche de base et son	110 days
22		Tache 4.5: Pose de couche de roulement et	110 days
23		Tache 4.6: Pose de couche d'accrochage1	110 days
24		Tache 4.7: Pose de couche d'accrochage2	110 days
25		Tache 4.8: Pose de couche d'imprégnation en	110 days
26		Tache 4.5: Pose de couche de roulement et	35 days
27		Tache 4.9: Pose de Terre vegetale pour la	20 days
28		**Phase 5: Travaux d'assainissement**	**100 days**
29		Tache 5.1: Réalisation des ouvrages	100 days
30		Tache 5.2: Réalisation des fossés	66 days
31		Tache 5.3: pose des descente d'eau sur talus	20 days
32		**Phase 6: Signalisation et équipements routières**	**411 days**
33		Tache 6.1: Installation des glissières de	73 days
34		Tache 6.2: La signalisations horizontale	40 days
35		Tache 6.3: La signalisations horizontale des	10 days
36		Tache 6.4: signalisations verticale	65 days
37		**Phase 7: PROTECTION**	**154 days**
38		Tache 7.1: implantation des arbres type	21 days
39		Tache 7.2: dallage de tpc en beton	28 days
40		**Phase 8: REMISE EN ETAT DES LIEUX**	**15 days**
41		Tache 8.1:REMISE EN ETAT DES LIEUX	15 days



Project: planification oussama f
Date: Sat 10/06/23

Task	Project Summary	Manual Task	Start-only	Deadline			
Split	Inactive Task	Duration-only	Finish-only	Progress			
Milestone	Inactive Milestone	Manual Summary Rollup	External Tasks	Manual Progress			
Summary	Inactive Summary	Manual Summary	External Milestone				

CHAPITRE XVII :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N° Prix		DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Quantité	Prix Unitaires (HT)	Montant (HT)
1/ ACQUISITION DE TERRAIN						
1	1-1	ACQUISITION DE TERRAIN	M2	442 400,36	2 000,00	884 800 713,40
2/ INSTALATION DE CHANTIER						
2	2-1	INSTALATION DE CHANTIER	Forfait			50 000 000,00
3/ TERRASSEMENT						
3	3-1	Décapage de la terre végétale sur 40 cm et compris transport et mise en dépôt	M3	391 250,40	650,00	254 312 760,00
3	3-2	Déblais mise en remblai	M3	676 205,30	480,00	324 578 544,00
3	3-3	Déblai mise en dépôt	M3	9 439 884,00	300,00	2 831 965 200,00
4/ OUVRAGE D'ART						-
4	4-1	l'ouvrage d'art	M2	35 250,00	150 000,00	5 287 500 000,00
5/ CHAUSSEE						
5	4-1	Couche de forme en matériaux sectionnés sur 60 cm	M3	194354,5	950,00	184 636 775,00
5	4-2	Couche de fondation et couche de base en GB (Ep=25 cm) (2.28 T/m³) y compris Couche d'accrochage	T	156 089,71	7 500,00	1 170 672 840,00
5	4-3	Couche d'imprégnation en cut-back 800 à 1200 g/m2	M2	308 000,00	150,00	46 200 000,00
5	4-4	Couche d'accrochage dosée 300 à 400 g/m2	M2	319 000,00	120,00	38 280 000,00
5	4-5	Terre végétale pour la berme	M3	10 467,80	1 100,00	11 514 580,00
5	4-6	Couche de roulement en béton bitumineux (2.3 T/m³)	T	55 418,73	8 500,00	471 059 205,00
6/ ASSAINISSEMENT						
6	6-1	F/P Fossés trapézoïdaux en béton	ML	16500	3000	49 500 000,00
6	6-2	F/P Buse Φ1000	ML	50,00	16 000,00	800 000,00
6	6-3	F/P Buse Φ1200	ML	150,00	30 000,00	4 500 000,00
6	6-4	F/P Buse Φ1500	ML	50,00	45 000,00	2 250 000,00
6	6-5	F/P Dalots en béton arme (1,5×1,5)	M3	81,00	35 000,00	2 835 000,00
6	6-6	F/P Dalots (2×1,5)	M3	62,00	35 000,00	2 170 000,00
6	6-7	F/P descente d'eau sur talus	ML	1 932,00	3 500,00	6 762 000,00
6	6-8	réalisation des fossés en terre	ML	2000	120	240 000,00
7/ Signalisation et équipements routières						
7	7-1	Marquage au sol				
7	7-1-1	largeur 2u (3/10) cm (lignes discontinue T1)	ML	10 153,85	150,00	1 523 077,50
7	7-1-2	largeur 3u cm (lignes continue)	ML	44 000,00	170,00	7 480 000,00
7	7-1-3	largeur 3u (38/14 cm (ligne de BAU T4)	ML	16 076,92	250,00	4 019 230,00
7	7-2	F/P panneaux de signalisation obligatoires	U	22,00	30 000,00	660 000,00
7	7-3	F/P potence	U	4,00	3 000 000,00	12 000 000,00
7	7-4	F/P portique	U	2,00	4 500 000,00	9 000 000,00
7	7-5	F/P flèche directionnelles	U	10,00	9 000,00	90 000,00
7	7-6	F/P panneaux de localisation	U	20,00	75 000,00	1 500 000,00
7	7-7	F/P glissière de sécurité en béton (GBA)	ML	39 300,00	12 000,00	471 600 000,00

N° Prix		DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Quantité	Prix Unitaires (HT)	Montant (HT)
8/ PROTECTION						
8	8-1	Implantation des arbres type ACACIA (h>1m)	U	2051	300,00	615 204,19
8	8-2	Dallage de TPC en béton	M3	1 862,70	12 000,00	22 352 400,00
TOTAL HT						**12 155 417 529,09**
TVA 19 %						**2 309 529 353,53**
TOTAL TTC						**14 464 946 859,61**

- **Le montant total est estimé à :**

Quatorze milliards quatre cent soixante-quatre millions neuf cent quarante-six mille huit cent cinquante-neuf dinars et soixante et un centimes.

14 464 946 859,61 DA / TTC

- **Le montant de 1 km est estimé à :**

1 314 995 169,42 DA / TTC

- **Le montant de projet sans viaduc est estimé à :**

8 172 821 859,61 DA / TTC

- **Le montant de 1 km sans viaduc est estimé à :**

742 983 805,42 DA / TTC

CONCLUSION GENERALE :

Notre étude d'avant-projet détaillé pour la réalisation d'un tronçon autoroutier de la 4ème Rocade d'Alger, dans la Wilaya de Médéa, revêt une importance capitale pour décongestionner la circulation autour de la Wilaya d'Alger. Ce projet vise à offrir une alternative efficace en évitant la traversée de la capitale, réduisant ainsi les embouteillages et les temps de trajet.

La conception de l'échangeur entre la Rocade et la RN18, au niveau de la commune de Hennacha, renforce également l'accessibilité régionale en offrant des connexions plus fluides entre les différents axes routiers.

Notre démarche a été guidée par la volonté d'optimiser les coûts tout en préservant la sécurité des infrastructures. Nous avons tenu compte des considérations environnementales pour minimiser l'impact du projet sur les écosystèmes locaux.

Tout au long de notre étude, nous avons abordé différentes facettes essentielles du projet. En plus des analyses approfondies, des études de trafic, des études géométriques, géotechniques, hydrauliques et de la conception de l'échangeur, nous avons également réalisé une étude de stabilité de talus. Cette étude garantit la sécurité et la stabilité du terrain le long de la route, minimisant les risques d'éboulement et assurant une infrastructure fiable.

Par ailleurs, nous avons accordé une attention particulière à la signalisation routière. Une signalisation adéquate est essentielle pour assurer la sécurité des usagers de la route et faciliter leur orientation.

De plus, nous avons réalisé une planification minutieuse du projet, en déterminant les délais et les ressources nécessaires. Cette planification rigoureuse nous a permis de gérer efficacement le projet et de respecter les échéances fixées.

Cette étude a permis de mettre en pratique sur un cas réel les notions fondamentales concernant l'étude d'un tracé routier. Ce travail nous a permis d'approfondir et de compléter nos connaissances acquises tout au long de notre formation au sein de L'ENSTP.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre encadreur et l'Agence Nationale des Autoroutes pour leur soutien et leur expertise tout au long du projet, Nous sommes fiers de notre travail et sommes convaincus que cette réalisation contribuera au développement et à la modernisation des infrastructures routières en Algérie.

Références de la recherche bibliographique :

- Revue de littérature sur l'utilisation de fibres d'amiante dans les enrobés bitumineux ttp://www.irsst.qc.ca
- Les fibres dans les enrobés bitumineux http://www.academia.edu
- Fibres pour enrobés bitumineux http://www.sytec.ch
- Mémoire de master – Amélioration de béton bitumineux par des polymères issus de recyclage.
- Enrobés bitumineux traites avec la fibre de verre http://www.ampcr.ma.pdf

Référence du mémoire fin d'étude et les documents :

- Ancien projet de fin d'étude : W2832-21, W2498-17, W2497-17.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3
- (CTTP 2001).
- Assainissement Routier-Setra
- Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS…).
- ICTAAL 2015 Guide Echangeur, SETRA.
- ICTAAL échangeur SETRA.
- Guide des terrassements routiers GTR.
- Pour les illustrations et les images (Google).
- Pour les calculs d'interpolation on a utilisé le Site internet suivant :
- https://www.johndcook.com/interpolator.html

Logiciels utilisés :

- AUTOCAD 2018
- COVADIS 2017
- Alise
- Slide 6.0
- Microsoft office 2016
- Google Earth
- Global Mapper
- MS project

ANNEXE I : GEOMETRIE DE LA ROUTE

Calcul manuel d'axe de tracé en plan :

- Cas 01 : Rayon sans courbe de transition (raccordement sans Clothoïde)

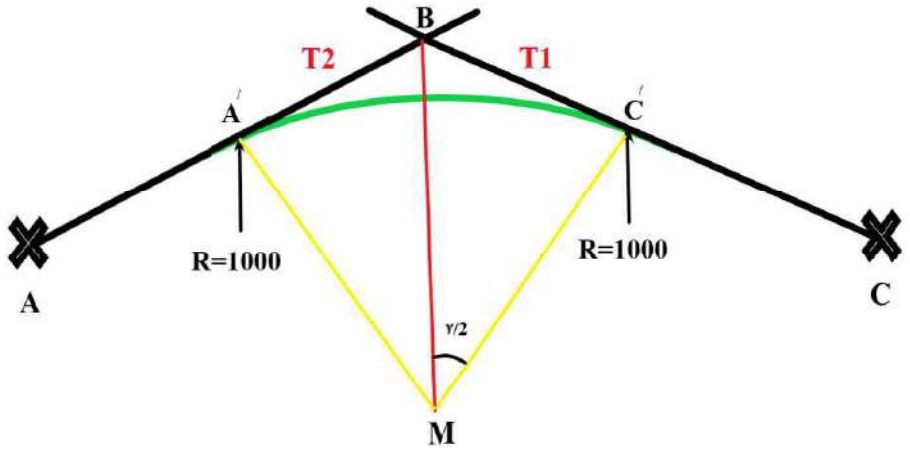


Figure : paramètres de raccordement par arc

- **Les données de calcul :**

Tableau : Les données de l'axe à calculer

	X	Y	R(m)
A	458974.6785	4004285.0701	**1000**
B	459515.5896	4004465.2405	
C	460285.0832	4004336.2429	

- **Calcule des gisements :G_{BA} , G_{CB}**

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

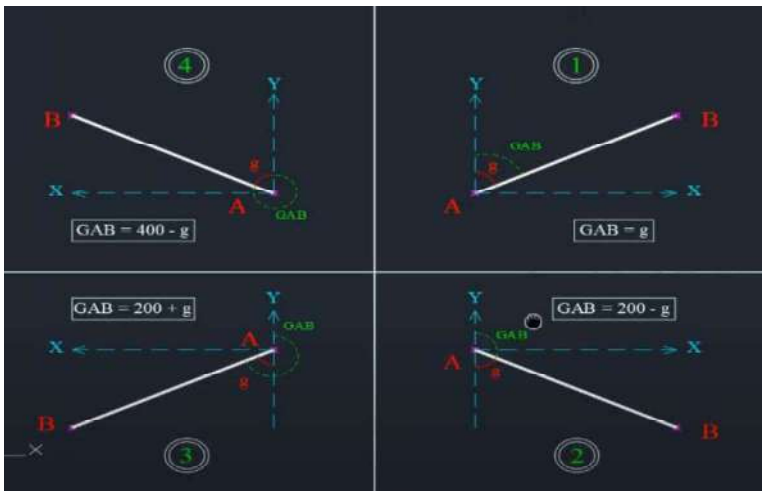


Figure : les cas de gisements

$\Delta X(BA) = XB - XA = 459515.5896 - 458974.6785 = \mathbf{540.9111}$

$\Delta Y(BA) = YB - YA = 4004465.2405 - 4004285.0701 = \mathbf{180.1704}$

$\Delta X(BA) > 0$ et $\Delta Y(BA) > 0$ donc :

$$G(BA) = \alpha = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X(BA)|}{|\Delta Y(BA)|}\right) = \text{arctg}\left(\frac{|540.9111|}{|180.1704|}\right) = \mathbf{79.53\ gr}$$

Alors : $\mathbf{G(BA) = 79.53\ gr}$

$\Delta X(CB) = XC - XB = 460285.0832 - 459515.5896 = \mathbf{769.4936}$

$\Delta Y(CB) = YC - YB = 4004336.2429 - 4004465.2405 = \mathbf{-128.9975}$

$\Delta X(CB) > 0$ et $\Delta Y(CB) < 0$ donc :

$$G(CB) = 200 - \alpha = 200 - \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X(CB)|}{|\Delta Y(CB)|}\right) = 200 - \text{arctg}\left(\frac{|769.4936|}{|-128.9975|}\right)$$

Alors : $\mathbf{G(CB) = 110.5739\ gr}$

- **Calcule de l'angle γ :**

$\boldsymbol{\gamma} = G(CB) - G(BA) = 110.5539 - 79.53 = \mathbf{31.0431\ gr}$

Alors : $\boldsymbol{\gamma = 31.0431\ gr}$

- **Calcule les distances AB et BC :**

$$\mathbf{dAB} = \sqrt{\Delta X(BA)^2 + \Delta Y(BA)^2} = \sqrt{(540.9111)^2 + (180.1704)^2} = \mathbf{570.1282m}$$

$$\mathbf{dBC} = \sqrt{\Delta X(CB)^2 + \Delta Y(CB)^2} = \sqrt{(769.4936)^2 + (-128.9975)^2} = \mathbf{780.2312m}$$

- **Calcule des tangentes :**

$$\mathbf{T1 = T2 = T} = R * \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 1000 * \text{tg}\left(\frac{31.0431}{2}\right) = \mathbf{248.76m}$$

Alors : $\mathbf{T1 = T2 = T = 248.76m}$

- **Calcule de la longueur de la courbe :**

$$\mathbf{L} = R * \gamma = 1000 * \left(\frac{31.0431 * \pi}{200}\right) = \mathbf{487.6238\ m}$$

Alors : $\mathbf{L = 487.6238\ m}$

- **Calcule de les cordonnées de A/ et C/:**

$\mathbf{X}\acute{A} = XB - \acute{A}B * \text{Sin}(G(BA))$

$\acute{\mathbf{A}}\mathbf{B = T1 = T = 248.76\ m}$ **,** donc **:**

$\mathbf{X}\acute{A} = 459515.5896 - 248.76 * \text{Sin}(79.5308) = \mathbf{459279.5777}$

Alors : $\mathbf{X}\acute{A} = \mathbf{459279.5777}$

$\mathbf{Y\acute{A}} = \mathrm{YB} - \acute{\mathrm{A}}\mathrm{B} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G}(\mathrm{BA}))$

$\mathbf{Y\acute{A}} = 4004465.2405 - 248.76 * \mathrm{Cos}(79.5308) = \mathbf{4004386.6278}$

Alors : $\mathbf{Y\acute{A}} = \mathbf{4004386.6278}$

$\mathbf{X\acute{C}} = \mathrm{XB} + \acute{\mathrm{C}}\mathrm{B} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G}(\mathrm{CB}))$

$\acute{\mathbf{C}}\mathbf{B} = \mathbf{T2} = \mathbf{T} = \mathbf{248.76\ m}$, donc :

$\mathbf{X\acute{C}} = 459515.5896 + 248.76 * \mathrm{Sin}(110.5739) = \mathbf{459760.9261}$

Alors : $\mathbf{X\acute{C}} = \mathbf{459760.9261}$

$\mathbf{Y\acute{C}} = \mathrm{YB} + \acute{\mathrm{C}}\mathrm{B} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G}(\mathrm{CB}))$

$\mathbf{Y\acute{C}} = 4004465.2405 + 248.76 * \mathrm{Cos}(110.5739) = \mathbf{4004424.11256}$

Alors : $\mathbf{Y\acute{C}} = \mathbf{4004424.11256}$

- **Calcule de les coordonnées du centre de cercle M :**

$\mathbf{XM} = \mathrm{X\acute{A}} + \mathrm{R} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G}(\mathrm{M\acute{A}}))$

$\mathbf{G}(\mathbf{M\acute{A}}) = 100 + \mathrm{G}(\mathrm{BA}) = 100 + 79.5308 = \mathbf{179.5308\ gr}$, donc :

$\mathbf{XM} = 459279.5777 + 1000 * \mathrm{Sin}(179.5308) = \mathbf{459595.5956}$

Alors : $\mathbf{XM} = \mathbf{459595.5956}$

$\mathbf{YM} = \mathrm{Y\acute{A}} + \mathrm{R} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G}(\mathrm{M\acute{A}}))$

$\mathbf{YM} = 4004386.6278 + 1000 * \mathrm{Cos}(179.5308) = 4003437.8746$

Alors : $\mathbf{YM} = \mathbf{4003437.8746}$

- Cas 02 : raccordement avec Clothoïde (forme symétrique)

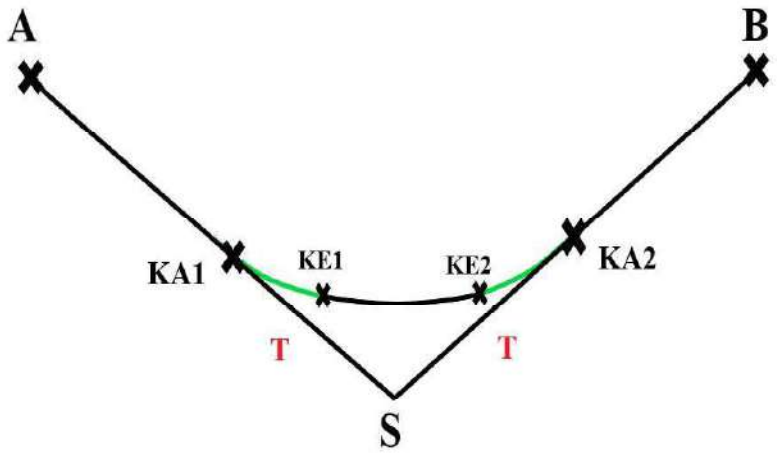


Figure : paramètres de raccordement avec clothoïde

- **Les données de calcul :**

Tableau : Les données de calcule

	X	Y	R(m)
A	459760.9269	4004424.1123	**900**
S	460486.1985	4004302.5280	
B	460935.9140	4004380.8899	

- **Calcule la longueur de clothoïde :**

$\mathbf{L = max\{14|\Delta\delta| \text{ et } R/9\}.}$

Pour : $\mathbf{975 < R = 900\ m < 650}$

- δ_0= -2.5 %
- δ_1= 2.5 %.

Donc : $\mathbf{L} = \max\left\{14|2.5-(-2.5)|; \frac{900}{9}\right\}$, $L = \max\{70\ ;\ 100\ \}$

Alors : $\mathbf{L = 100\ m}$

- **Calcule du paramètre A :**

$\mathbf{A} = \sqrt{L * R} = \sqrt{100 * 900} = \mathbf{300}$; $\mathbf{A = 300}$

- **Caractéristique de la courbe de raccordement :**

Pour $\frac{\mathbf{L}}{\mathbf{R}} = \frac{\mathbf{100}}{\mathbf{900}} = \mathbf{0.111111}$, À partir des tables de clothoïdes, on tire les valeurs suivantes :

Tableau : les valeurs des paramètres dans les tables de clothoïde

Paramètre	ΔR/R	ΔR	Xm/R	Xm	τ(gr)
Valeur	0.00051521	0.463689	0.0555501175	49.9951	3.5368748

- **Calcule des gisements :G(SA) , G(BS) :**

$\Delta X(SA) = XS - XA = 460486.1985 - 459760.9269 = \mathbf{725.2716}$

$\Delta Y(SA) = YS - YA = 4004302.5280 - 4004424.1123 = \mathbf{-121.5843}$

$\Delta X(SA) > 0$ et $\Delta Y(SA) < 0$ donc :

$$G(SA) = 200 - \alpha = 200 - \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X(SA)|}{|\Delta Y(SA)|}\right) = 200 - \text{arctg}\left(\frac{|725.2716|}{|-121.5843|}\right)$$

Alors : $\mathbf{G(SA) = 110.5739\ gr}$

$\Delta X(BS) = XB - XS = 460935.9140 - 460486.1985 = \mathbf{449.7155}$

$\Delta Y(BS) = YB - YS = 4004380.8899 - 4004302.5280 = \mathbf{78.36189}$

$\Delta X(BS) > 0$ et $\Delta Y(BS) > 0$ donc :

$$G(BS) = \alpha = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X(BS)|}{|\Delta Y(BS)|}\right) = \text{arctg}\left(\frac{|449.7155|}{|78.36189|}\right) = \mathbf{89.0173\ gr}$$

Alors : $\mathbf{G(BS) = 89.0173\ gr}$

- **Calcule de l'angle γ :**

$$\boldsymbol{\gamma} = G(SA) - G(BS) = 110.5739 - 89.0173 = \mathbf{21.5566\ gr}$$

Alors : $\boldsymbol{\gamma = 21.5566\ gr}$

- **Vérification de non chevauchement :**

$$\boldsymbol{\tau(rad)} = \frac{L}{2R} = \frac{100}{2 * 900} = \mathbf{0.055555\ rad}$$

$$\boldsymbol{\tau(gr)} = \tau(rad) * \frac{200}{\pi} = 0.055555 * \frac{200}{\pi} = 3.5367764gr \approx \boldsymbol{\tau(table) = 3.5368748\ gr}$$

$$\boldsymbol{\tau = 3.5367764\ gr < \frac{\gamma}{2} = \frac{21.5566}{2} = 10.7783\ gr}$$

Alors : non chevauchement est vérifie

- **Calcule des distances AS et SB :**

$$\mathbf{dAS} = \sqrt{\Delta X(SA)^2 + \Delta Y(SA)^2} = \sqrt{(725.2716)^2 + (121.5843)^2} = \mathbf{735.392\ m}$$

$$\mathbf{dSB} = \sqrt{\Delta X(BS)^2 + \Delta Y(BS)^2} = \sqrt{(449.7155)^2 + (78.36189)^2} = \mathbf{456.4916\ m}$$

- **Calcule des tangentes :**

$$\mathbf{T1 = T2 = T} = Xm + (R + \Delta\mathbf{R}) * tg\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 49.9951 + (900 + 0.463689 * tg\left(\frac{21.5566}{2}\right)$$

Alors : $\mathbf{T1 = T2 = T = 203.92177\ m}$

- **Calcule de la longueur de la courbe :**

$$\mathbf{L} = R * \frac{(\gamma - 2\tau) * \pi}{200} = 900 * \frac{(21.5566 - 2 * 3.53677) * \pi}{200} = \mathbf{204.7494\ m}$$

Alors : $\mathbf{L = 204.7494\ m}$

- **Calcule de les cordonnées de KA1 et KA2:**

$$\mathbf{XKA1} = XS - SKA1 * \text{Sin}(G(SA))$$

$\mathbf{SKA1 = T1 = T = 203.92177\ m}$, donc :

$$\mathbf{XKA1} = 460486.1985 - 203.92177 * \text{Sin}(110.5739) = \mathbf{460285.0831}$$

Alors : $\mathbf{XKA1 = 460285.0831}$

$\mathbf{YKA1} = \mathrm{YS} - \mathrm{SKA1} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G(SA)})$

$\mathbf{YKA1} = 4004302.5280 - 203.921777 * \mathrm{Cos}(110.5739) = \mathbf{4004336.2427}$

Alors : $\mathbf{YKA1 = 4004336.2427}$

$\mathbf{XKA2} = \mathrm{XS} + \mathrm{SKA2} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G(BS)})$

$\mathbf{SKA2 = T2 = T = 203.92177\ m}$, donc :

$\mathbf{XKA2} = 460486.1985 + 203.92177 * \mathrm{Sin}(89.0173) = \mathbf{460687.0932}$

Alors : $\mathbf{XKA2 = 460687.0932}$

$\mathbf{YKA2} = \mathrm{YS} + \mathrm{SKA2} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G(BS)})$

$\mathbf{YKA2} = 4004302.5280 + 203.921777 * \mathrm{Cos}(89.0173) = \mathbf{4004337.53349}$

Alors : $\mathbf{YKA2 = 4004337.53349}$

- **<u>Calcule de les cordonnées de KE1 et KE2 :</u>**

On utilise la méthode des cordonnées polaires :

- L'angle polaire **σ :**

$$\boldsymbol{\sigma(rad)} = \frac{L^2}{6A^2} = \frac{100^2}{6 * 300^2} = \mathbf{0.0185185\ rad}$$

$$\boldsymbol{\sigma(gr)} = \sigma(\mathrm{rad}) * \frac{200}{\pi} = 0.0185185 * \frac{200}{\pi} = \mathbf{1.1789\ gr}$$

Alors : $\boldsymbol{\sigma(gr) = 1.1789\ gr}$

- La corde $\mathbf{S_L}$ **:**

$$\mathbf{SL} = L - \frac{L^5}{90A^4} = 100 - \frac{100^5}{90 * 300^4} = \mathbf{99.98628}$$

Alors : $\mathrm{SL} = \mathbf{99.98628}$

- **<u>Calcule de les cordonnées de KE1</u>**

$\mathbf{XKE1} = \mathrm{XKA1} + \mathrm{SL} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G(KE1KA1)})$

$\mathbf{G(KE1KA1) = G(SA) - \sigma = 110.5739 - 1.1789 = 109.395\ gr}$, donc :

$\mathbf{XKE1} = 460285.0831 + 99.98628 * \mathrm{Sin}(109.395) = \mathbf{460383.9825}$

Alors : $\mathbf{XKE1 = 460383.9825}$

$\mathbf{YKE1} = \mathrm{YKA1} + \mathrm{SL} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G(KE1KA1)})$

$\mathbf{YKE1} = 4004336.2427 + 99.98628 * \mathrm{Cos}(109.395) = \mathbf{4004321.54059}$

Alors : $\mathbf{YKE1 = 4004321.54059}$

- **Calcule de les cordonnées de KE2**

$$\mathbf{XKE2} = \mathrm{XKA2} + \mathrm{SL} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G}(\mathrm{KE2KA2}))$$

$$\mathbf{G(KE2KA2)} = \mathrm{G(BS)} - 200 + \sigma = 89.0173 - 200 + 1.1789 = \mathbf{-109.8038\ gr}$$

Donc **:**

$$\mathbf{XKE2} = 460687.0932 + 99.98628 * \mathrm{Sin}(-109.8038) = \mathbf{460588.290}$$

Alors : $\mathbf{XKE2 = 460588.290}$

$$\mathbf{YKE2} = \mathrm{YKA2} + \mathrm{SL} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G}(\mathrm{KE2KA2}))$$

$$\mathbf{YKE2} = 4004337.53349 + 99.98628 * \mathrm{Cos}(-109.8038) = \mathbf{4004322.1966}$$

Alors : $\mathbf{YKE1 = 4004322.1966}$

- **Calcule de les coordonnées du centre de cercle M :**

$$\mathbf{XM} = \mathrm{XKE1} - \mathrm{R} * \mathrm{Sin}(\mathrm{G}(\mathrm{KE1M}))$$

$$\mathbf{G(KE1M)} = \mathrm{G(KA1M)} - \alpha - \tau$$

$$\mathbf{G(KA1M)} = \mathrm{G(MKA1)} - 200$$

$$\mathbf{G(MKA1)} = \mathrm{G(SA)} - \beta$$

$$\boldsymbol{\beta} = 100 - \alpha$$

$$\boldsymbol{\alpha} = \mathrm{arctg}\left(\frac{\mathrm{Xm}}{\mathrm{R} + \Delta\mathrm{R}}\right) = \mathrm{arctg}\left(\frac{49.9951}{900 + 0.463689}\right) = \mathbf{3.53098gr}$$

$$\boldsymbol{\beta} = 100 - 3.53098 = \mathbf{96.4690\ gr}$$

$$\mathbf{G(MKA1)} = 110.5739 - 96.4690 = \mathbf{14.10488\ gr}$$

$$\mathbf{G(KE1M)} = 14.10488 - 200 - 3.53098 - 3.53677 = \mathbf{-192.96287\ gr}$$

Donc :

$$\mathbf{XM} = 460383.9825 - 900 * \mathrm{Sin}(-192.96287) = \mathbf{460483.2651}$$

Alors : $\mathbf{XM = 460483.2651}$

$$\mathbf{YM} = \mathrm{YKE1} - \mathrm{R} * \mathrm{Cos}(\mathrm{G}(\mathrm{KE1M}))$$

$$\mathbf{YM} = 4004321.54059 - 900 * \mathrm{Cos}(-192.96287) = \mathbf{4005216.04769}$$

Alors : $\mathbf{YM = 4005216.04769}$

LISTING D'AXE EN PLAN

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	**Paramètres**		**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
Arc 1	Rayon	1100,0000	442,985	23000,000	455958,160	4004484,237
	Centre X	456464,273				
	Centre Y	4005460,890				
Droite 1	Gisement	104,7999	2011,965	23442,985	456381,415	4004364,015
Arc 2	Rayon	1500,0000	595,389	25454,950	458387,664	4004212,462
	Centre X	458500,652				
	Centre Y	4005708,200				
Droite 2	Gisement	79,5308	321,368	26050,339	458974,678	4004285,070
Arc 3	Rayon	-1000,0000	487,624	26371,707	459279,577	4004386,628
	Centre X	459595,594				
	Centre Y	4003437,874				
Droite 3	Gisement	110,5739	531,470	26859,331	459760,927	4004424,112
Clothoïde 1	Paramètre	300,0000	100,000	27390,801	460285,083	4004336,243
Arc 4	Rayon	900,0000	204,750	27490,801	460383,983	4004321,541
	Centre X	460483,266				
	Centre Y	4005216,048				
Clothoïde 2	Paramètre	-300,0000	100,000	27695,551	460588,290	4004322,197
Droite 4	Gisement	89,0173	252,570	27795,551	460687,093	4004337,533
Clothoïde 3	Paramètre	-233,3367	77,780	28048,121	460935,914	4004380,890
Arc 5	Rayon	-700,0000	488,518	28125,901	461012,763	4004392,819
	Centre X	461094,447				
	Centre Y	4003697,601				
Clothoïde 4	Paramètre	233,3367	77,780	28614,419	461478,605	4004282,770
Droite 5	Gisement	140,5197	867,021	28692,199	461541,992	4004237,712
Clothoïde 5	Paramètre	-250,0100	83,340	29559,220	462239,243	4003722,381
Arc 6	Rayon	-750,0000	216,203	29642,560	462305,327	4003671,620
	Centre X	461826,744				
	Centre Y	4003094,162				
Clothoïde 6	Paramètre	250,0100	83,340	29858,763	462449,747	4003511,734
Droite 6	Gisement	165,9457	227,247	29942,103	462493,546	4003440,845
Clothoïde 7	Paramètre	233,3367	77,780	30169,350	462609,392	4003245,342
Arc 7	Rayon	700,0000	580,258	30247,130	462650,269	4003179,182
	Centre X	463231,740				
	Centre Y	4003568,915				
Clothoïde 8	Paramètre	-233,3367	77,780	30827,389	463126,182	4002876,920
Droite 7	Gisement	106,0999	711,431	30905,169	463203,443	4002868,047
Clothoïde 9	Paramètre	-266,6683	88,890	31616,599	463911,610	4002799,984
Arc 8	Rayon	-800,0000	498,499	31705,489	463999,908	4002789,844
	Centre X	463879,271				
	Centre Y	4001998,992				
Clothoïde 10	Paramètre	266,6683	88,890	32203,988	464438,757	4002570,810

Droite 8	Gisement	152,8429	279,467	32292,878	464499,939	4002506,343
Clothoïde 11	Paramètre	250,0100	83,340	32572,345	464688,533	4002300,106
Arc 9	Rayon	750,0000	265,205	32655,685	464745,895	4002239,664
	Centre X	465270,411				
	Centre Y	4002775,745				
Clothoïde 12	Paramètre	-250,0100	83,340	32920,890	464963,983	4002091,200
Droite 9	Gisement	123,2575	204,422	33004,230	465041,248	4002059,994
Clothoïde 13	Paramètre	-216,6783	72,230	33208,653	465232,180	4001986,963
Arc 10	Rayon	-650,0000	651,556	33280,883	465299,145	4001959,917
	Centre X	465033,573				
	Centre Y	4001366,645				
Clothoïde 14	Paramètre	216,6783	72,230	33932,439	465676,514	4001462,182
				34004,669	465684,476	4001390,402
Longueur totale de l'axe 11004.669 mètres						

Le calcul manuel de profil en long :

- Cas D'un rayon concave :

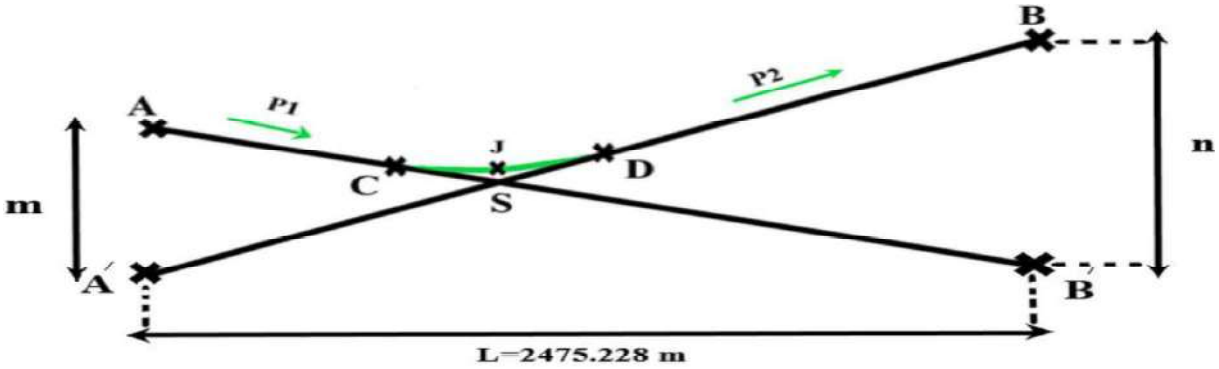


Figure : paramètres de la parabole concave

- **Les données de calcul :**

	X	Z	P1(%)	P2(%)	R(m)
A	0.00	399.126	-3.215	+6.00	6000
B	2475.228	455.411			

- **Calcul les cordonnées de point S :**

$\mathbf{ZA'} = \mathrm{ZB} - \mathrm{L} * \mathrm{P2} = 455.411 - 2475.228 * 0.06 = \mathbf{306.89732\ m}$

$\mathbf{ZB'} = \mathrm{ZA} - \mathrm{L} * \mathrm{P1} = 399.126 - 2475.228 * 0.03215 = \mathbf{319.5474198\ m}$

$\mathbf{m} = \mathrm{ZA} - \mathrm{ZA'} = 399.126 - 306.89732 = \mathbf{92.22868}$

$\mathbf{n} = \mathrm{ZB} - \mathrm{ZB'} = 455.411 - 319.5474198 = \mathbf{135.8635802}$

$$\mathbf{XS} = \frac{\mathrm{L} * \mathrm{m}}{\mathrm{m} + \mathrm{n}} = \frac{2475.228 * 92.22868}{92.22868 + 135.8635802} = \mathbf{1000.86}\ \boldsymbol{m}$$

Alors : $\mathbf{XS = 1000.86\ m}$

$\mathbf{ZS/A} = \mathrm{ZA} - \mathrm{XS} * \mathrm{P1} = 399.126 - 1000.86 * 0.03215 = \mathbf{366.95\ m}$

$\mathbf{ZS/B} = \mathrm{ZB} - (\mathrm{L} - \mathrm{X}) * \mathrm{P1} = 455.411 - (2475.228 - 1000.86) * 0.06 = \mathbf{366.95\ m}$

Alors : $\mathbf{ZS = 366.95\ m}$

- **Calcul de tangent :**

$\mathbf{T} = \mathrm{R}\dfrac{|\mathrm{P1}| + |\mathrm{P2}|}{2} = 3000\left(\dfrac{0.03215 + 0.06}{2}\right) = \mathbf{138.225\ m}$

Alors : $\mathbf{T = 138.225\ m}$

- **Calcul les cordonnées de point C :**

$\mathbf{XC} = \mathrm{XS} - \mathrm{T} = 1000.86 - 138.225 = \mathbf{862.635\ m}$

Alors : $\mathbf{XC = 862.635\ m}$

$\mathbf{ZC} = \mathrm{ZS} + \mathrm{T} * \mathrm{P1} = 366.95 + 138.225 * 0.03215 = \mathbf{371.3939\ m}$

Alors : $\mathbf{ZC = 371.3939\ m}$

- **Calcul les cordonnées de point D :**

$\mathbf{XD} = \mathrm{XS} + \mathrm{T} = 1000.86 + 138.225 = \mathbf{1139.085\ m}$

Alors : $\mathbf{XD = 1139.085\ m}$

$\mathbf{ZD} = \mathrm{ZS} + \mathrm{T} * \mathrm{P2} = 366.95 + 138.225 * 0.06 = \mathbf{375.2435\ m}$

Alors : $\mathbf{ZD = 375.2435\ m}$

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

$\mathbf{L = 2T = 2 * 138.225 = 276.45\ m}$

Alors : $\mathbf{L = 276.45\ m}$

- **Calcul les cordonnées de point J :**

$\mathbf{X\,J/C} = \mathrm{R} * \mathrm{P1} = 3000 * 0.03215 = \mathbf{96.45\ m}$

Alors : $\mathbf{X\,J/C = 96.45\ m}$

$\mathbf{X\,J/D} = \mathrm{R} * \mathrm{P2} = 3000 * 0.06 = \mathbf{180\ m}$

Alors : $\mathbf{X\,J/D = 180\ m}$

$\mathbf{X\,J/C + X\,J/D = 2T}$

$96.45 + 180 = 2 * 138.225 = \mathbf{276.45}$ **Alors : VERIFIE.**

$\mathbf{X\,J} = \mathrm{XC} + \mathrm{XJ/C} = 862.635 + 96.45 = \mathbf{959.08\ m}$

Alors : $\mathbf{X\,J = 959.08\ m}$

$\mathbf{ZJ/C} = \mathrm{ZC} - \mathrm{XJ/C} * \mathrm{P1} + \dfrac{\mathrm{X\,J/C^2}}{2\mathrm{R}} = 371.3939 - 96.45 * 0.03215 + \dfrac{96.45^2}{2 * 3000} = \mathbf{369.84\ m}$

Alors : $\mathbf{ZJ/C = 369.84\ m}$

$\mathbf{ZJ/D} = \mathrm{ZD} - \mathrm{XJ/D} * \mathrm{P2} + \dfrac{\mathrm{X\,J/D^2}}{2\mathrm{R}} = 375.2435 - 180 * 0.06 + \dfrac{180^2}{2 * 3000} = \mathbf{369.84\ m}$

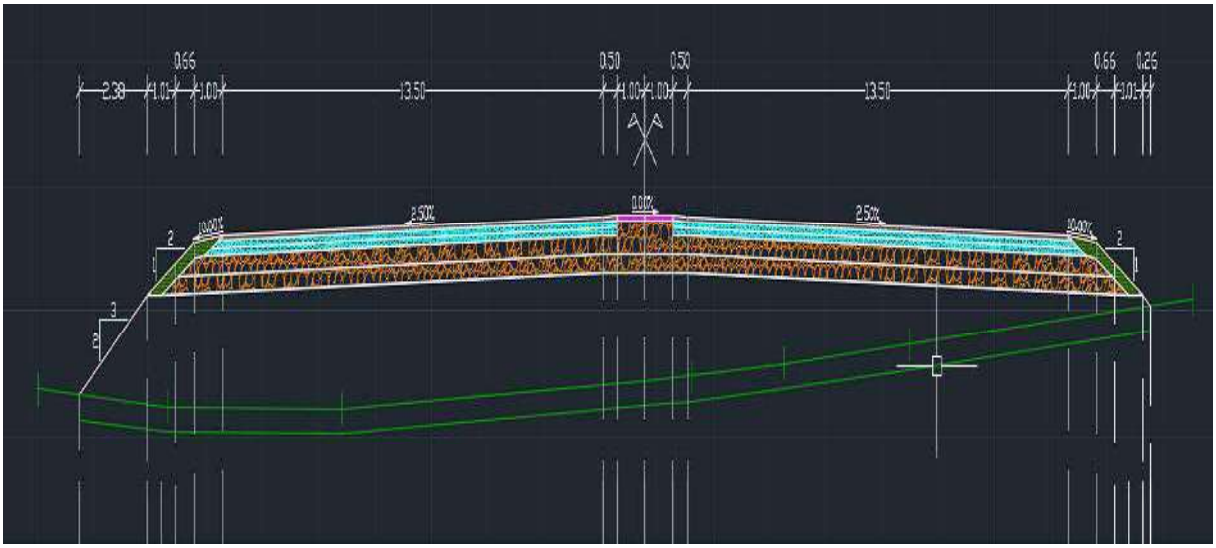
Alors : $\mathbf{ZJ/D = 369.84\ m}$

LISTING DE PROFIL EN LONG

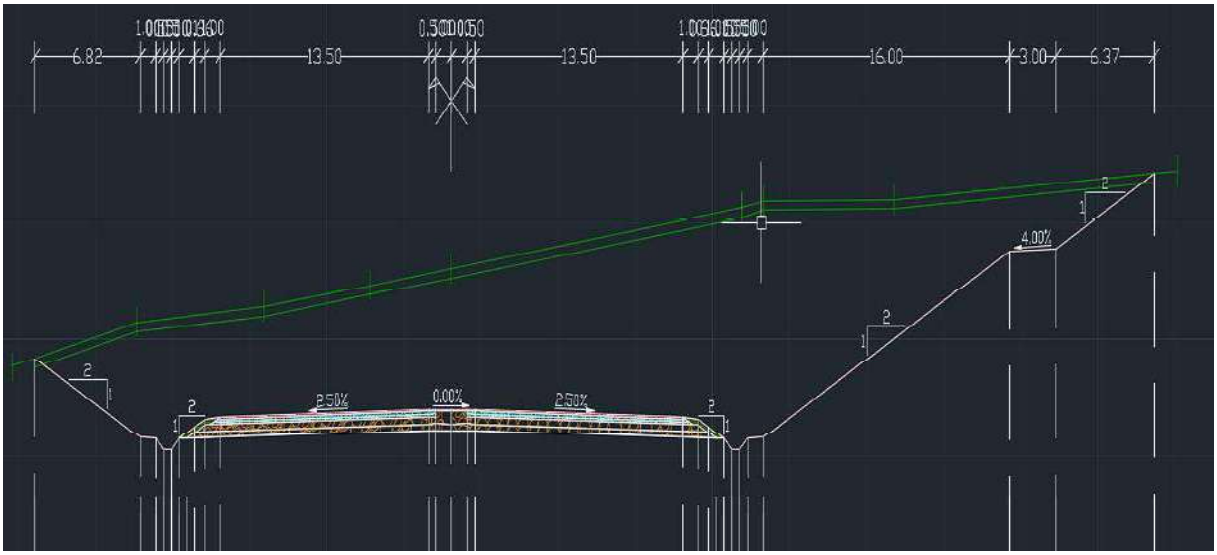
Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	**Pente / Rayon**		**Longueur**	**Abscisse**	**Altitude**
Pente 1	Pente	-3.21 %	862,754	23+000.000	399,126
Cercle 1	Rayon	3000.000 m	276,070	23+862.754	371,390
	Sommet Absc.	23+959.147 m			
	Sommet Alt.	369.841 m			
Pente 2	Pente	6.00 %	1336,403	24+138.824	375,227
Cercle 2	Rayon	-6000.000 m	262,823	25+475.228	455,411
	Sommet Absc.	25+834.581 m			
	Sommet Alt.	466.182 m			
Pente 3	Pente	1.61 %	1086,219	25+738.051	465,405
Cercle 3	Rayon	3000.000 m	100,213	26+824.270	482,883
	Sommet Absc.	26+776.005 m			
	Sommet Alt.	482.495 m			
Pente 4	Pente	4.96 %	459,356	26+924.484	486,171
Cercle 4	Rayon	-6500.000 m	432,554	27+383.840	508,934
	Sommet Absc.	27+705.543 m			
	Sommet Alt.	516.900 m			
Pente 5	Pente	-1.71 %	563,769	27+816.394	515,955
Cercle 5	Rayon	3500.000 m	59,310	28+380.163	506,339
	Sommet Absc.	28+439.852 m			
	Sommet Alt.	505.830 m			
Pente 6	Pente	-0.01 %	495,446	28+439.473	505,830
Cercle 6	Rayon	3000.000 m	180,002	28+934.918	505,776
	Sommet Absc.	28+935.243 m			
	Sommet Alt.	505.776 m			
Pente 7	Pente	6.00 %	487,110	29+114.920	511,161
Cercle 7	Rayon	-6000.000 m	396,292	29+602.030	540,388
	Sommet Absc.	29+961.384 m			
	Sommet Alt.	551.159 m			
Pente 8	Pente	-0.62 %	982,507	29+998.322	551,045
Cercle 8	Rayon	3000.000 m	198,146	30+980.828	544,997
	Sommet Absc.	30+999.297 m			
	Sommet Alt.	544.940 m			
Pente 9	Pente	6.00 %	664,715	31+178.974	550,325
Cercle 9	Rayon	-6000.000 m	112,676	31+843.689	590,208
	Sommet Absc.	32+203.043 m			
	Sommet Alt.	600.979 m			
Pente 10	Pente	4.11 %	357,059	31+956.365	595,906
Cercle 10	Rayon	3000.000 m	55,185	32+313.424	610,598
	Sommet Absc.	32+190.085 m			
	Sommet Alt.	608.062 m			
Pente 11	Pente	5.96 %	283,456	32+368.609	613,378
Cercle 11	Rayon	-6000.000 m	467,589	32+652.065	630,276
	Sommet Absc.	33+009.114 m			
	Sommet Alt.	640.909 m			
Pente 12	Pente	-1.84 %	885,014	33+119.655	639,891
				34+004.669	623,583
Longueur totale de l'axe 11004.669 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 11012.748 mètre(s)					

LES PROFIL EN TRAVERS COURANT DE PROJET

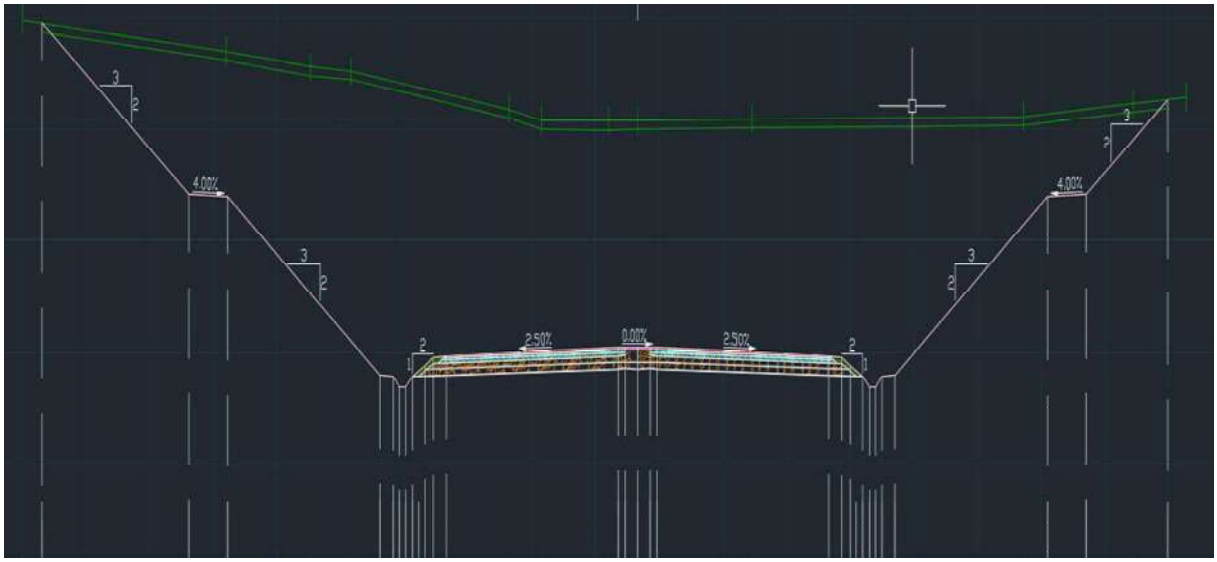
ZONE DE REMBLAIS (PK 23+650)



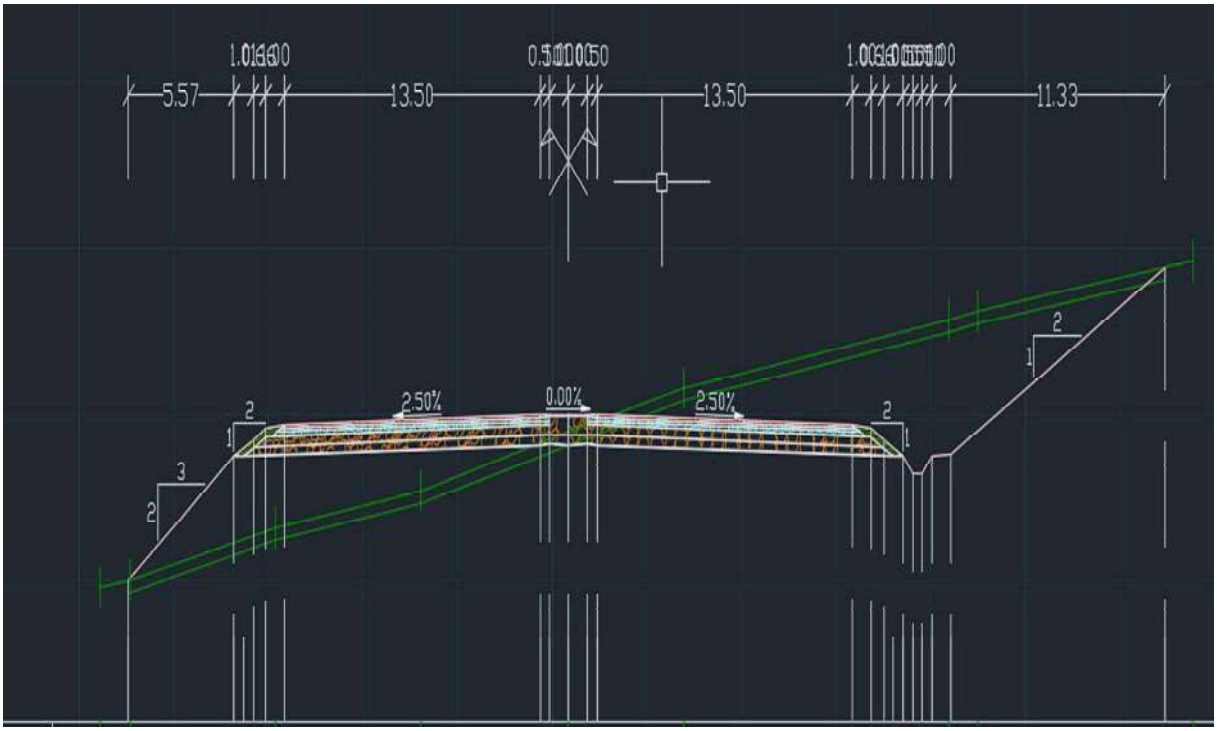
ZONE DE DEBLAIS (pente 2/1) (PK 29+250)



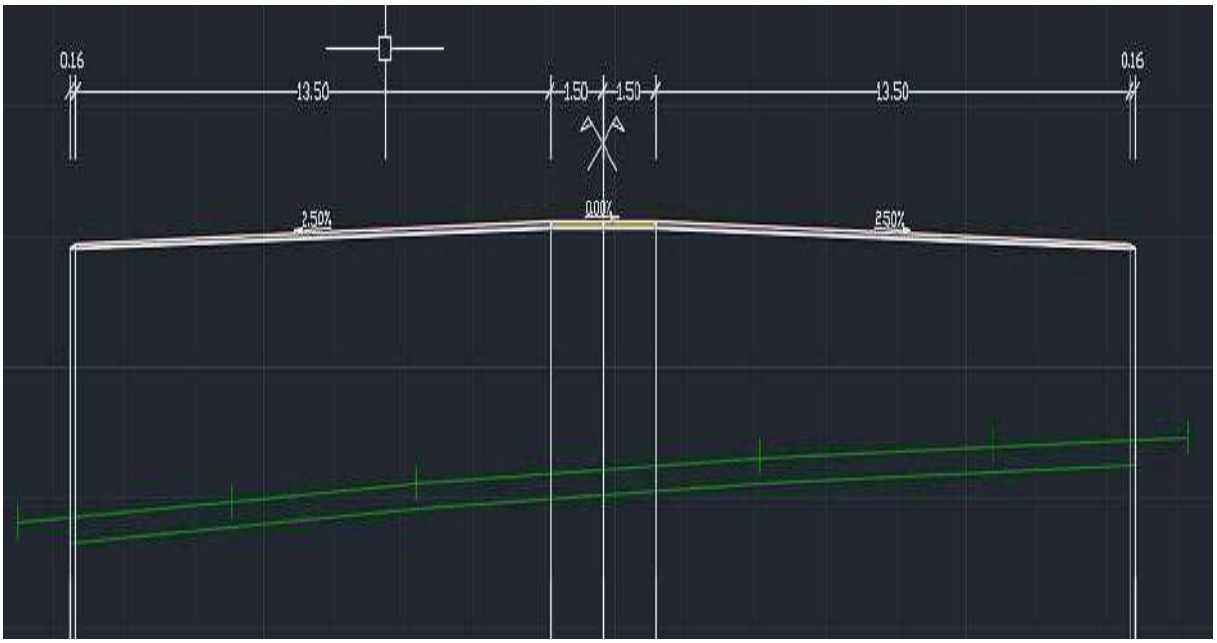
ZONE DE DEBLAIS (pente 3/2) (PK 33+850)



ZONE MIXTE DE DEBLAIS ET REMBLAIS (PK 29+150)

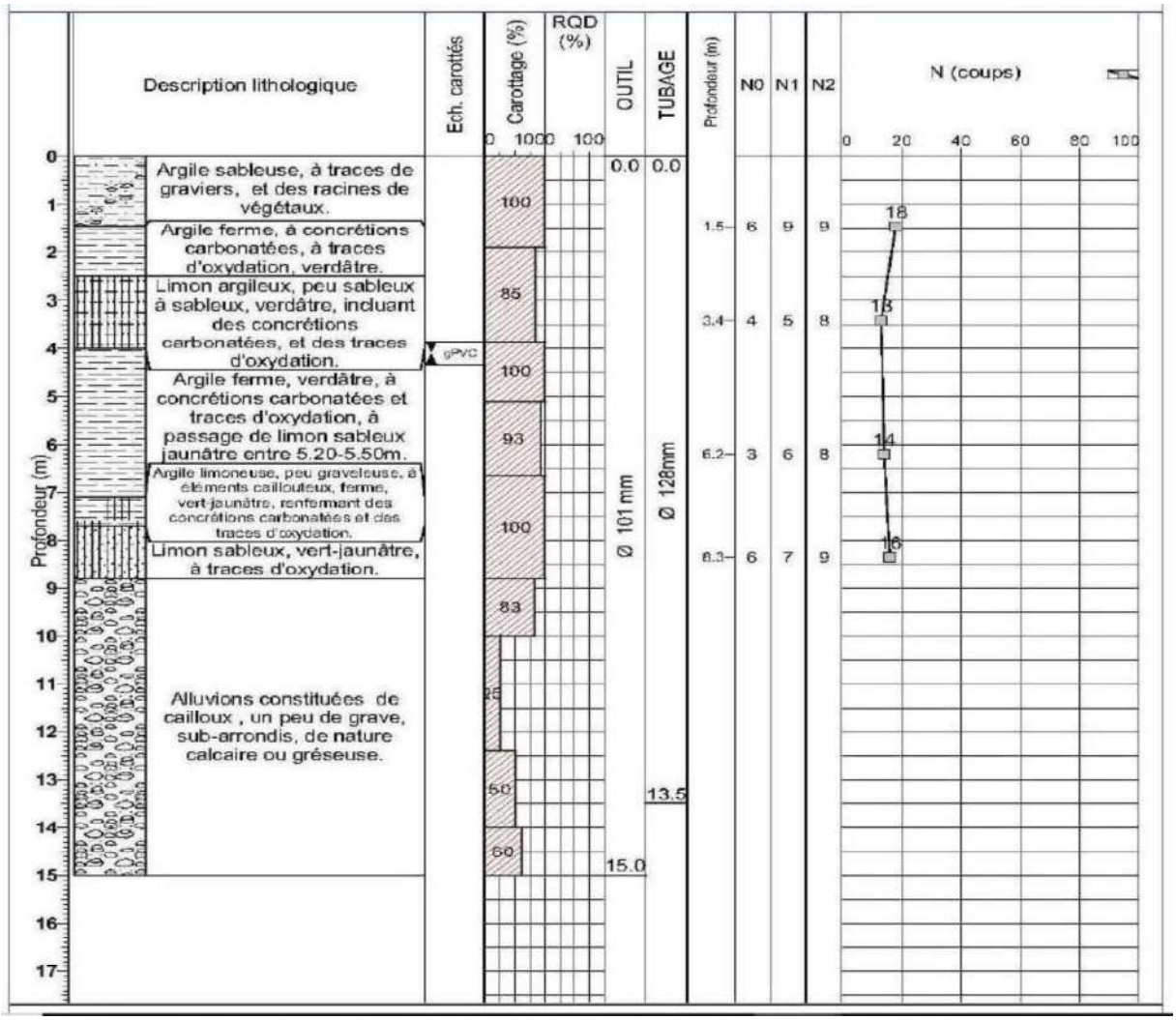


ZONE DE VIADUC



ANNEXE II : ETUDE GEOTECHNIQUE

Sondage carottier :SC 01(PK 23+300)





Profondeur : 0.0 - 5.8



Profondeur : 5.8-13.0

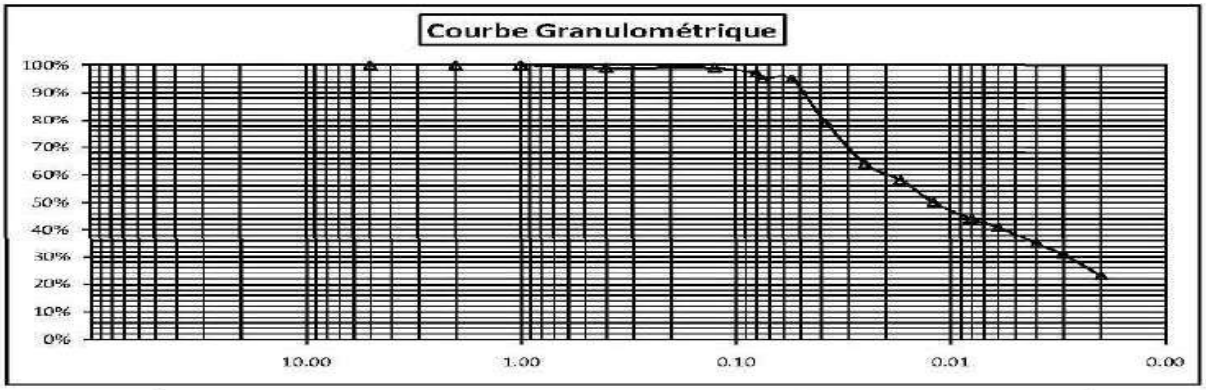


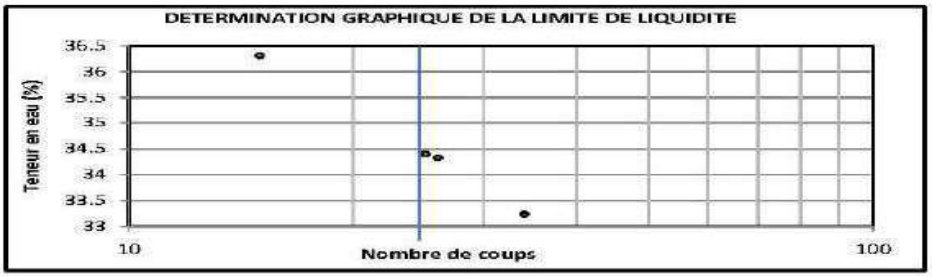
Profondeur : 13.0-15.0

Les essais au laboratoire de Puits De Reconnaissance : P 01(PK 29+550)

Essai d'Identification :

Tamis (mm)	31,5	25	20	12,5	10	8	5	2	1	0,4	0,125	0,08	0,075	0,065	0,048	0,025	0,017	0,012	0,008	0,006	0,004	0,003	0,002
Tamisats (%)							100%	100%	100%	99%	98%	97%	95%	95%	79%	64%	56%	50%	44%	41%	35%	31%	23%

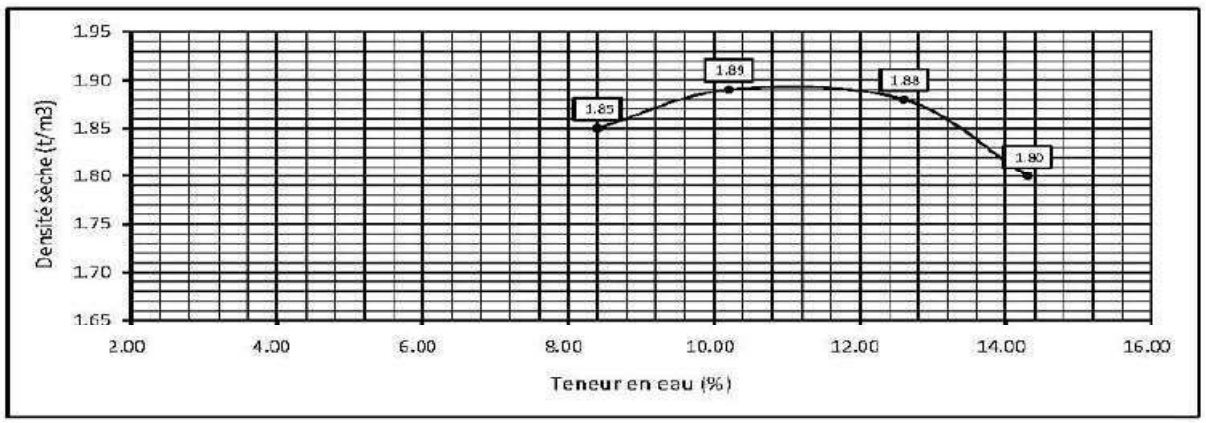




W(%)	D_{max}	% ≤ 2mm	% ≤ 0,4mm	% ≤ 0,08	% ≤ 2 µm	W_L	W_P	I_P	ES(%)	VBS
19	5 mm	100%	99%	97%	23%	34,4%	17,80%	16,6%	1,0%	2,75%

Essai Proctor (modifie) selon la norme NFP 94-094

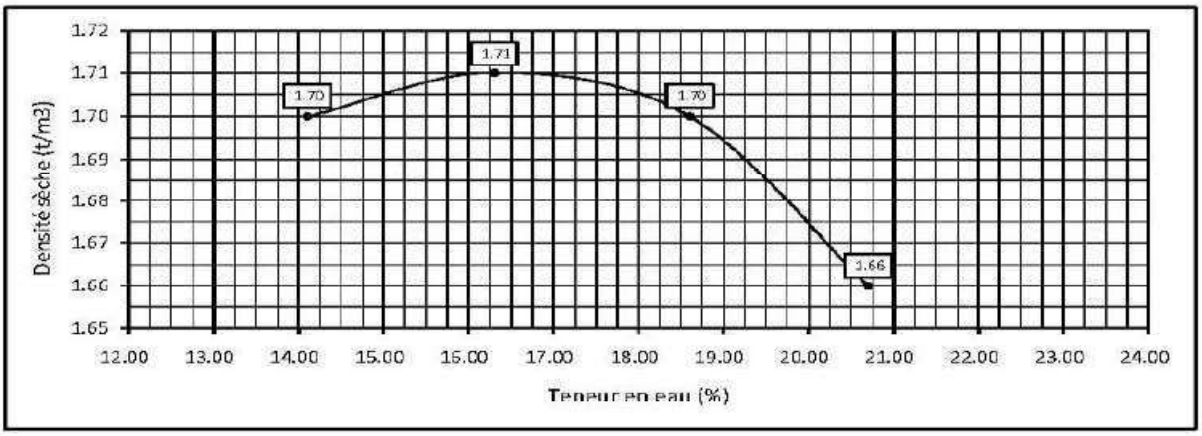
Teneur en eau (%)	8,4	10,2	12,6	14,3
Densité sèche (t/m3)	1,85	1,89	1,88	1,8



RESULTAT DE L'ESSAI	
Densité sèche maximale (t/m^3)	Teneur en eau Optimale (%)
1,89	11

Essai Proctor (Normal) selon la norme NFP 94-094

Teneur en eau (%)	14,1	16,3	18,6	20,7
Densité sèche (t/m3)	1,7	1,71	1,7	1,66



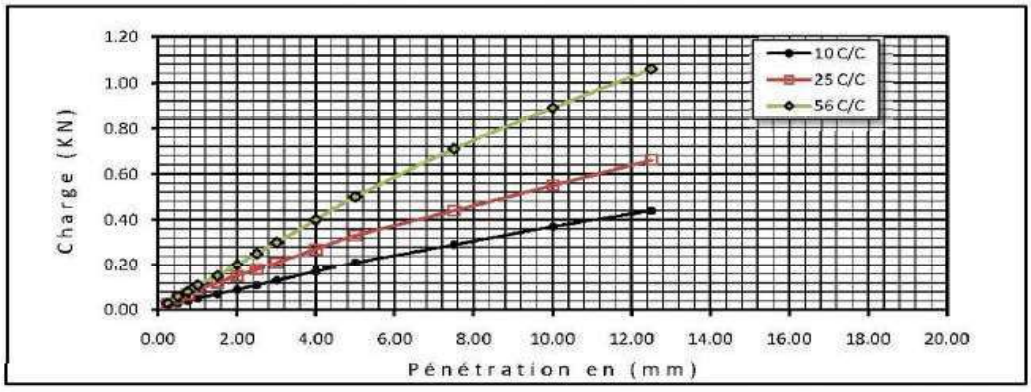
RESULTAT DE L'ESSAI	
Densité sèche maximale (t/m^3)	Teneur en eau Optimale (%)
1,71	16,5

Essai CBR selon la norme NFP 94-078

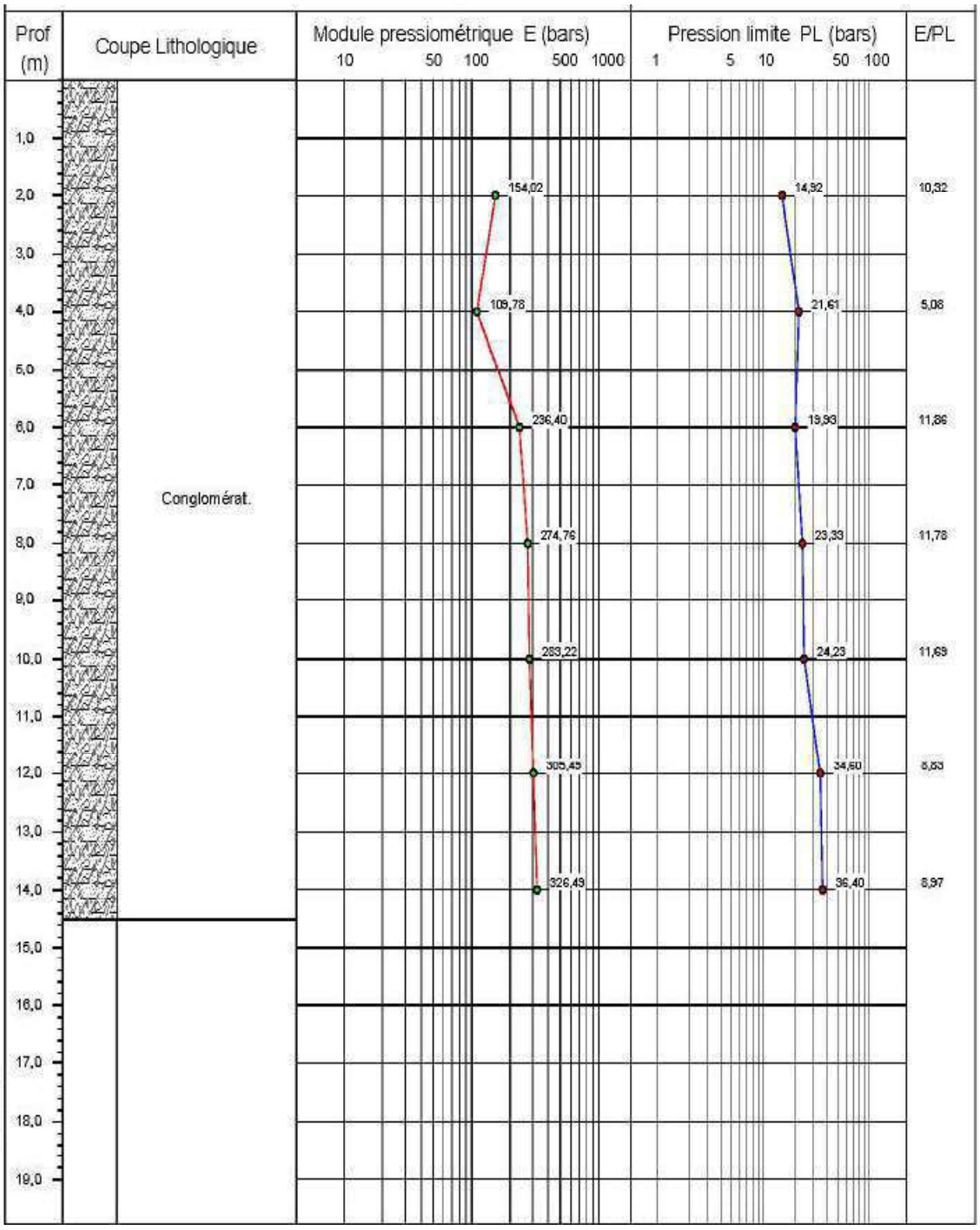
Type d'essai : ☐ Immédiat ☑ Après immersion	Résultats Proctor : Densité Max : 1,89	Teneur en eau Optimale : 11,00%

RESULTAT DE L'ESSAI			
Avant Immersion			
Teneur en Eau (%)	11,43%	11,21%	11,21%
Densité (t/m^3)	1,62	1,79	1,89
Compacité (%)	86%	95%	100%
Après Immersion			
Teneur en Eau (%)	25,02%	20,35%	18,71%
Gonflement (%)	5,80%	5,20%	5,03%
Absorption (%)	13,60%	9,13%	7,50%
Indice CBR (%)	1,0	1,6	2,5

0,COURBE DE POINCONNEMENT



Essai Pressiométrique : SP 01 (PK 23+800)

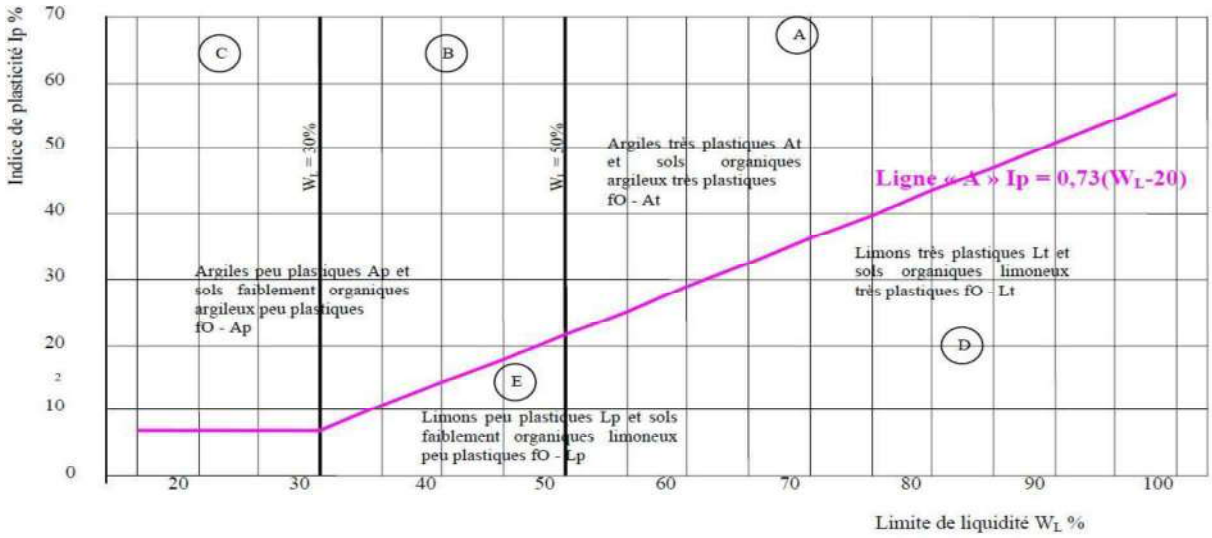


LES ABAQUES DE CLASSIFICATION LCPC

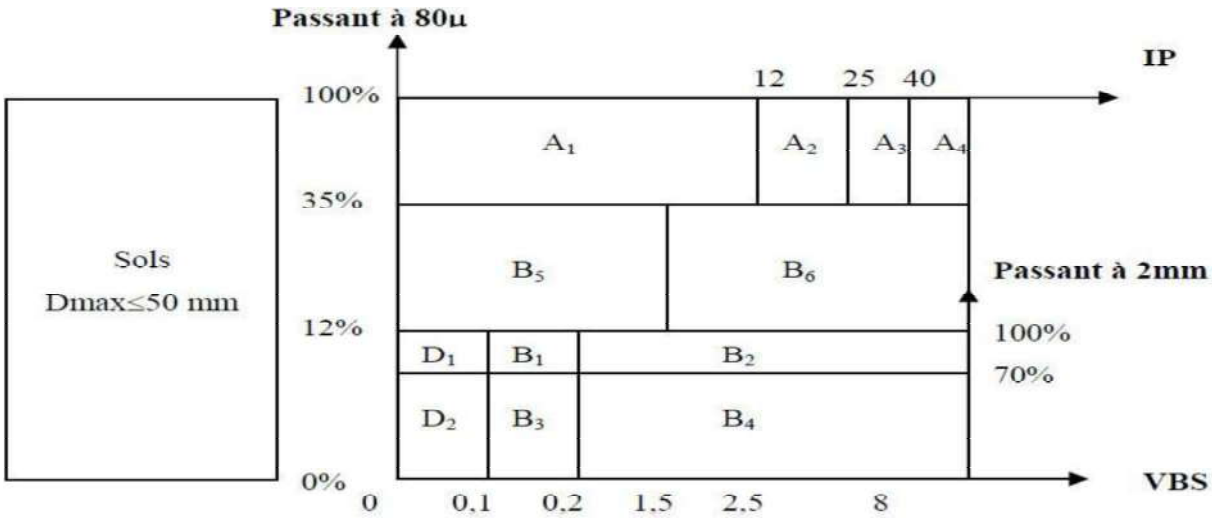
CALSSIFICATION DES SOLS GRENUS					
définitions			sym	conditions	Appellations
graves	+ 50 % : D >2mm	-5 % <0.08 mm	Gb GW	Cu = D60 / D10 > 4 Et Cc = (D30) ² / (D10 x D60) compris entre 1 et 3	Grave proper Bien graduée
			Gm Gp	Une des conditions de GbNon satisfaite	Grave proper Mal graduée
		+ 12 % : <0.08 mm	GL GM	Limite d'ATTERBERG au-dessous de A	Grave limoneuse
			GA GC	Limite d'ATTERBERG au-dessus de A	Grave argileuse
sables	+ 50 % : D < 2mm	-5 % <0.08 mm	Sb SW	Cu = D60 / D10 > 6 Et Cc = (D30) ² / (D10 x D60) compris entre 1 et 3	Sable propre Bien gradué
			Sm Sp	Une des conditions de Sb Non satisfaite	sable propre Mal gradué
		+ 12 % : <0.08 mm	SL SM	Limite d'ATTERBERG au-dessous de A	Sable limoneux
			SA SC	Limite d'ATTERBERG au-dessus de A	Sable argileux
Lorsque 5 % < % inférieur à 0.08 mm <12 on utilise un double symbole					

CALSSIFICATION DES SOLS FINS						
définitions		sym	Détermination de la plasticité sur chantier			Appellations
			Agitation	Consistance	Résistance à sec	
Sols fins – Argile et Limon	Limite de Liquidité < 50 %	Lp ML	Rapide à lente	Nulle	Nulle	Limon peu plastique
		Ap CL	Nulle à lente	Moyenne	Moyenne à grande	Argile peu plastique
		Op OL	Lente	Faible	Faible à moyenne	Limon et Argile organique peu plastique
	Limite de Liquidité > 50 %	Lt MH	Lente à nulle	Faible à moyenne	Faible à moyenne	Limon très plastique
		At CH	Nulle	Grande	Grande à très grande	Argile très plastique
		Ot OH	Nulle à très lente	Faible à moyenne	Moyenne à grande	Limon et Argile Organique très plastique

Le diagramme de plasticité de Casagrande



Classification des sols selon GTR



Matériaux rocheux	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R_1
			Calcaires	R_2
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...	R_3
		Roches siliceuses	Grès, Poudingues, brèches...	R_4
		Roches salines	Sel gemme, gypse	R_5
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardoisiers...		R_6

Matériaux particuliers	Sols organiques et sous-produits industriels	F

Conditions d'utilisation des matériaux de déblais en remblai (GTR)

Sol	Observations Générales	Situation Météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance Faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions Envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	Pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Ni pluie, ni évaporation Importante	**Solution 1** : **traitement** T : traitement à la chaux C : compactage faible
			Solution 2 : **utilisation en l'état** C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)
		Évaporation Importante	**Solution 1** : **aération** E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
			Solution 2 : **traitement** T : traitement à la chaux C : compactage moyen
A2ts	**Sols normalement inutilisables en l'état**		
A3h	Sols difficiles à mettre en œuvre en Raison : - de leur caractère collant ou glissant Dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible La mise en dépôt provisoire n'est pas une solution dans le climat français Moyen. Le drainage préalable ne permet Pas de réduire utilement la teneur En eau W.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
		Ni pluie, Ni évaporation Importante	**Solution 1** : **traitement** T : traitement à la chaux C : compactage moyen
			Solution 2 : **utilisation en l'état** C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
		Évaporation Importante	**Solution 1** : **traitement** T : traitement à la chaux C : compactage moyen
			Solution 2 : **aération** E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
A3ts	**Sols normalement inutilisables en l'état**		
B5ts	**Sols normalement inutilisables en l'état**		

Sol	Observations Générales	Situation Météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A3m	La plasticité de ces sols entraîne Pour les remblais des risques de Glissements d'autant plus grands que Les remblais sont élevés, même dans les meilleures conditions (w, météo) de mise en œuvre	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		Ni pluie, Ni évaporation Importante	C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		Évaporation Importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
			Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
R3	Marnes rocheuses ou roches argileuses, évolutives, dont la mise en remblai comporte un risque qu'il convient d'apprécier avant chaque chantier. Les conditions d'utilisation proposées doivent être accompagnées d'une réflexion approfondie sur les méthodes D'extraction les plus appropriées en particulier en vue de la fragmentation, et sur la conception globale des remblais (couches drainantes, stabilisation des talus "imperméabilisation"...). Ces matériaux présentent d'autant moins de risque d'évolution qu'ils sont mieux fractionnés (viser un matériau de granularité continue ou riche en fines), bien compactés et humides à la mise en œuvre. L'étude spécifique préalable de ces Roches est souvent nécessaire pour définir la conception du remblai, la granularité à obtenir et les moyens nécessaires correspondants, et le mode de compactage.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	G : fragmentation complémentaire après extraction R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)
		Ni pluie, Ni évaporation Importante Où Évaporation importante	**Solution 1** : **fragmentation** G : fragmentation complémentaire après extraction R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
			Solution 2 : **fragmentation et Arrosage** G : fragmentation complémentaire après extraction W : arrosage pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤10 m)

Les carrières les plus proches sont :

- ✓ Carrière de Ghrib
- ✓ Carrière de Boukhari.



ANNEXE III : ASSAINISSEMENT

Dimension des ouvrages hydrauliques

N BV	PK	Surface Km^2	C	Pente %	Tc(h)	I(t) 50ans	$Q(m^3/s)$ 50ans	Type de l'ouvrage	Dimension calculé	Dimension d'ouvrage
BV1	24+071	59.360	0.5	3.73	5.05	14.3	117.98	VIA	-	-
BV2	26+893	0.126	0.50	23.27	0,093	133,49	2.33	Buse	974.9mm	Φ1000
BV3	27+014	0.238	0.50	10.97	0,187	90,50	2.99	Buse	1070.5mm	Φ1200
BV4	27+862	0.252	0.50	8.68	0,216	83,41	2.92	Buse	1061mm	Φ1200
BV5	28+300	1.330	0.50	9.24	0,481	53,28	9.84	Dalot	1.41×2	1.5×2
BV6	28+808	16.770	0.5	4.28	2.64	20.55	47.90	VIA	-	-
BV7	30+764	0.023	0.75	46.25	0,028	260,50	1.24	Buse	769.54mm	Φ1000
BV8	30+830	0.058	0.75	47.5	0,044	202,57	2.44	Buse	991.9mm	Φ1000
BV9	31+033	0.139	0.75	44.53	0,070	155,75	4.51	Buse	1248.9mm	Φ1500
BV10	31+631	0.178	0.75	73.7	0,0624	167,35	6.21	Dalot	1.31×1.5	1.5×1.5
BV11	32+022	0.097	0.75	68.08	0,047	194,00	3.92	Buse	1184.9mm	Φ1200
BV12	32+113	0.044	0.75	63.07	0,033	236,95	2.17	Buse	949.2mm	Φ1000
BV13	32+232	0.264	0.75	64.70	0,078	147,38	8.11	Dalot	1.24×2	1.5×2
BV14	33+446	0.229	0.75	68.53	0,073	152,81	7.29	Dalot	1.46×1.5	1.5×1.5
BV15	33+740	0.159	0.75	40.41	0,079	145,98	4.83	Buse	1281.4mm	Φ1500

Vérification Pour les ouvrages Hydraulique Type Dalot

N BV	Q_a (m^3/s)	Dimension calculée B×H	Dimension d'ouvrage B×H	V (m/S)	Vérification V <4m/s	Hc (m)	Vérification Hc<H	Nbr De Fraude	NbrF<1 Régime fluvial
BV5	9.84	1.41×2	1.5×2	3.49	Vérifier	1.7	Vérifier	0.78	Vérifier
BV10	6.21	1.31×1.5	1.5×1.5	3.16		1.3		0.81	
BV13	8.11	1.24×2	1.5×2	3.27		1.62		0.73	
BV14	7.29	1.46×1.5	1.5×1.5	3.32		1.36		0.85	

Vérification des conditions auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse)

N BV	Q_a (m^3/s)	Dimension calculé	Dimension d'ouvrage	Q_{ps} (m^3 /s)	V_{ps} (m /s)	V=Vps×0.64 (m/s)	V>0.6m/s	V=Vps×0.32 (m/s)	V>0.3m/s
BV2	2.33	974.9mm	Φ1000	2.49	3.17	2.03		1.01	
BV3	2.99	1070.5mm	Φ1200	4.05	3.58	2.30	Vérifier	1.15	Vérifier
BV4	2.92	1061mm	Φ1200	4.05	3.58	2.30		1.15	
BV7	1.24	769.54mm	Φ1000	2.49	3.17	2.03		1.01	
BV8	2.44	991.9mm	Φ1000	2.49	3.17	2.03	Vérifier	1.01	Vérifier
BV9	4.51	1248.9mm	Φ1500	7.34	4.15	2.66		1.33	
BV11	3.92	1184.9mm	Φ1200	4.05	3.58	2.30		1.15	
BV12	2.17	949.2mm	Φ1000	2.49	3.17	2.03	Vérifier	1.01	Vérifier
BV15	4.83	1281.4mm	Φ1500	7.34	4.15	2.66		1.33	

Remarque : pour les BV n°1 ; n°6 ; n°7 ; n°8 ; n°9 ; n°12 ; n°13, on a des ouvrages d'arts donc ce n'est pas la peine de mettre de dalot ou des bues.

Tableau des conditions auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse)

Q/Qps	V/Vps	h/D	Q/Qps	V/Vps	h/D
0,001	0,14	0,02	0,534	1,02	0,52
0,003	0,22	0,04	0,568	1,03	0,54
0,007	0,29	0,06	0,603	1,05	0,56
0,013	0,35	0,08	0,637	1,06	0,58
0,021	0,40	0,10	0,672	1,07	0,60
0,031	0,45	0,12	0,706	1,08	0,62
0,042	0,50	0,14	0,740	1,09	0,64
0,056	0,54	0,16	0,773	1,10	0,66
0,071	0,58	0,18	0,806	1,11	0,68
0,088	0,62	0,20	0,837	1,12	0,70
0,106	0,65	0,22	0,868	1,13	0,72
0,126	0,68	0,24	0,898	1,13	0,74
0,148	0,72	0,26	0,926	1,14	0,76
0,171	0,75	0,28	0,953	1,14	0,78
0,196	0,78	0,30	0,977	1,14	0,80
0,222	0,80	0,32	1,000	1,14	0,82
0,249	0,83	0,34	1,021	1,14	0,84
0,277	0,86	0,36	1,039	1,14	0,86
0,307	0,88	0,38	1,054	1,13	0,88
0,337	0,90	0,40	1,066	1,12	0,90
0,368	0,92	0,42	1,073	1,12	0,92
0,400	0,94	0,44	1,076	1,10	0,94
0,433	0,96	0,46	1,071	1,09	0,96
0,466	0,98	0,48	1,057	1,06	0,98
0,500	1,00	0,50	1,000	1,00	1,00

Coefficient de ruissellement :

sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY(Hongrie) ou C est la somme de trois coefficients partiels : **C = C1+C2+C3**

C1 : Dépend de la pente du thalweg principal estimé comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg par sa longueur développée. Ces informations généralement obtenues à partie des cartes topographiques

Valeurs du coefficient C1 :

Pente (%)	Coefficient C1
P <3.5%	0.01-0.03-0.05
3.5%<P <11%	0.06-0.08-0.10
11%<P <35%	0.12-0.16-0.20
P>35%	0.22-0.26-0.30

C2 : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partie des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques

Valeurs du coefficient C2 :

Nature de sol	Coefficient C2
Imperméable	0,22-0,26-0,30
Peu imperméable	0,10-0,15-0,30
Perméable	0,06-0,08-0,10
Très perméable	0,03-0,04-0,05

C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partie d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes

Valeurs du coefficient C3 :

Taux de couverture de surface	Coefficient C3
Sol rocheux	0,22-0,26-0,30
Prairie	0,07-0,21-0,25
Labours –Champs	0,07-0,11-0,15
Forêts et territoire sableux	0,03-0,04-0,05

ANNEXE IV : CUBATURES

Calcul des cubatures :

Num.	Abscisse	Volumes Partiels		Volumes Cumulés		Num.	Abscisse	Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
		Déblai	Remblai	Déblai	Remblai			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
PL01	23+000.000	422,4	4,1	422,4	4,1	**PL214**	28+325.000	0,0	34777,5	2350165,3	314817,6
PL02	23+025.000	541,3	11,4	963,7	15,5	**PL215**	28+350.000	0,0	20036,6	2350165,3	334854,2
PL03	23+050.000	305,9	98,0	1269,6	113,5	**PL216**	28+375.000	0,0	7451,1	2350165,3	342305,3
PL04	23+075.000	187,1	224,2	1456,7	337,7	**PL217**	28+400.000	22,0	883,5	2350187,3	343188,8
PL05	23+100.000	148,5	234,0	1605,2	571,7	**PL218**	28+425.000	7120,7	11,7	2357308,0	343200,5
PL06	23+125.000	180,6	2638,7	1785,8	3210,4	**PL219**	28+450.000	25644,7	8,9	2382952,7	343209,4
PL07	23+150.000	288,6	11,9	2074,4	3222,3	**PL220**	28+475.000	39461,8	8,2	2422414,5	343217,6
PL08	23+175.000	405,8	8,3	2480,2	3230,6	**PL221**	28+500.000	50611,1	7,8	2473025,6	343225,4
PL09	23+200.000	734,6	8,1	3214,8	3238,7	**PL222**	28+525.000	55007,5	7,7	2528033,1	343233,1
PL10	23+225.000	1441,4	8,2	4656,2	3246,9	**PL223**	28+550.000	55488,9	7,4	2583522,0	343240,5
PL11	23+250.000	2144,9	8,1	6801,1	3255,0	**PL224**	28+575.000	53387,6	7,4	2636909,6	343247,9
PL12	23+275.000	2361,5	8,1	9162,6	3263,1	**PL225**	28+600.000	50590,4	7,2	2687500,0	343255,1
PL13	23+300.000	2350,7	8,0	11513,3	3271,1	**PL226**	28+625.000	46650,2	7,2	2734150,2	343262,3
PL14	23+325.000	1932,1	8,1	13445,4	3279,2	**PL227**	28+650.000	38776,4	10,1	2772926,6	343272,4
PL15	23+350.000	1351,3	8,2	14796,7	3287,4	**PL228**	28+675.000	26940,1	9,1	2799866,7	343281,5
PL16	23+375.000	785,5	8,2	15582,2	3295,6	**PL229**	28+700.000	14830,5	9,6	2814697,2	343291,1
PL17	23+400.000	428,0	173,3	16010,2	3468,9	**PL230**	28+725.000	6253,5	2991,7	2820950,7	346282,8
PL18	23+425.000	315,0	475,5	16325,2	3944,4	**PL238**	28+925.000	0,0	8509,0	2820950,7	354791,8
PL19	23+450.000	145,7	835,0	16470,9	4779,4	**PL239**	28+950.000	0,0	6123,0	2820950,7	360914,8
PL20	23+475.000	28,7	1214,0	16499,6	5993,4	**PL240**	28+975.000	429,0	4306,7	2821379,7	365221,5
PL21	23+500.000	0,0	1193,9	16499,6	7187,3	**PL241**	29+000.000	1146,2	4290,3	2822525,9	369511,8
PL22	23+525.000	5,5	1188,6	16505,1	8375,9	**PL242**	29+025.000	1316,8	1910,1	2823842,7	371421,9
PL23	23+550.000	3,4	1215,6	16508,5	9591,5	**PL243**	29+050.000	1303,7	575,6	2825146,4	371997,5
PL24	23+575.000	0,0	1333,2	16508,5	10924,7	**PL244**	29+075.000	2882,3	3423,2	2828028,7	375420,7
PL25	23+600.000	11,3	1287,0	16519,8	12211,7	**PL245**	29+100.000	2565,5	30,7	2830594,2	375451,4
PL26	23+625.000	4,2	1579,8	16524,0	13791,5	**PL246**	29+125.000	1533,8	414,4	2832128,0	375865,8
PL27	23+650.000	0,0	1696,6	16524,0	15488,1	**PL247**	29+150.000	1511,0	966,0	2833639,0	376831,8
PL28	23+675.000	0,0	1769,3	16524,0	17257,4	**PL248**	29+175.000	2033,7	583,8	2835672,7	377415,6
PL29	23+700.000	0,0	1428,1	16524,0	18685,5	**PL249**	29+200.000	3090,8	3334,2	2838763,5	380749,8
PL30	23+725.000	0,0	2036,3	16524,0	20721,8	**PL250**	29+225.000	6461,8	7,5	2845225,3	380757,3
PL31	23+750.000	4,1	1703,5	16528,1	22425,3	**PL251**	29+250.000	9923,5	7,3	2855148,8	380764,6
PL32	23+775.000	67,9	1214,1	16596,0	23639,4	**PL252**	29+275.000	12636,1	7,9	2867784,9	380772,5
PL51	24+250.000	737,8	119,9	17333,8	23759,3	**PL253**	29+300.000	17560,9	12,3	2885345,8	380784,8
PL52	24+275.000	4332,2	6,9	21666,0	23766,2	**PL254**	29+325.000	25121,3	10,0	2910467,1	380794,8
PL53	24+300.000	8480,6	6,7	30146,6	23772,9	**PL255**	29+350.000	31383,3	9,0	2941850,4	380803,8
PL54	24+325.000	8067,4	3595,8	38214,0	27368,7	**PL256**	29+375.000	36832,8	8,1	2978683,2	380811,9
PL55	24+350.000	6993,9	107,3	45207,9	27476,0	**PL257**	29+400.000	46458,3	8,0	3025141,5	380819,9
PL56	24+375.000	5852,5	315,9	51060,4	27791,9	**PL258**	29+425.000	63154,5	8,3	3088296,0	380828,2
PL57	24+400.000	5259,9	103,1	56320,3	27895,0	**PL259**	29+450.000	71867,2	8,5	3160163,2	380836,7
PL58	24+425.000	5435,7	8,2	61756,0	27903,2	**PL260**	29+475.000	79419,4	8,6	3239582,6	380845,3
PL59	24+450.000	5596,0	9,1	67352,0	27912,3	**PL261**	29+500.000	89054,7	4,0	3328637,3	380849,3
PL60	24+475.000	3971,4	9,7	71323,4	27922,0	**PL262**	29+525.000	99124,8	3,7	3427762,1	380853,0
PL61	24+500.000	2992,3	11,0	74315,7	27933,0	**PL263**	29+550.000	107040,0	3,3	3534802,1	380856,3
PL62	24+525.000	4011,6	8,3	78327,3	27941,3	**PL264**	29+575.000	104307,4	3,2	3639109,5	380859,5
PL63	24+550.000	4890,4	8,5	83217,7	27949,8	**PL265**	29+600.000	89746,4	3,3	3728855,9	380862,8
PL64	24+575.000	4327,7	7,9	87545,4	27957,7	**PL266**	29+625.000	80118,2	3,7	3808974,1	380866,5
PL65	24+600.000	3806,0	7,7	91351,4	27965,4	**PL267**	29+650.000	86703,9	5,0	3895678,0	380871,5
PL66	24+625.000	3585,1	7,6	94936,5	27973,0	**PL268**	29+675.000	107181,2	4,8	4002859,2	380876,3
PL67	24+650.000	3733,9	7,7	98670,4	27980,7	**PL269**	29+700.000	113784,9	8,1	4116644,1	380884,4

PL68	24+675.000	4549,1	7,7	103219,5	27988,4	**PL270**	29+725.000	103052,2	3,2	4219696,3	380887,6
PL69	24+700.000	5632,1	7,8	108851,6	27996,2	**PL271**	29+750.000	84425,4	3,1	4304121,7	380890,7
PL70	24+725.000	6458,5	7,8	115310,1	28004,0	**PL272**	29+775.000	65321,7	5,8	4369443,4	380896,5
PL71	24+750.000	7126,0	7,9	122436,1	28011,9	**PL273**	29+800.000	47079,5	8,8	4416522,9	380905,3
PL72	24+775.000	7838,8	8,0	130274,9	28019,9	**PL274**	29+825.000	29362,1	8,4	4445885,0	380913,7
PL73	24+800.000	8482,0	8,0	138756,9	28027,9	**PL275**	29+850.000	11616,0	15,4	4457501,0	380929,1
PL74	24+825.000	9022,6	8,0	147779,5	28035,9	**PL276**	29+875.000	5301,1	1747,4	4462802,1	382676,5
PL75	24+850.000	9404,1	7,9	157183,6	28043,8	**PL277**	29+900.000	3322,9	1283,9	4466125,0	383960,4
PL76	24+875.000	9766,1	7,9	166949,7	28051,7	**PL278**	29+925.000	3953,6	71,4	4470078,6	384031,8
PL77	24+900.000	9880,2	7,7	176829,9	28059,4	**PL279**	29+950.000	9577,4	16,1	4479656,0	384047,9
PL78	24+925.000	9784,4	7,8	186614,3	28067,2	**PL280**	29+974.000	14735,7	4311,5	4494391,7	388359,4
PL79	24+950.000	9649,8	7,7	196264,1	28074,9	**PL281**	30+000.000	19023,6	16,6	4513415,3	388376,0
PL80	24+975.000	9520,9	7,6	205785,0	28082,5	**PL282**	30+025.000	25957,2	12,9	4539372,5	388388,9
PL81	25+000.000	8975,0	7,6	214760,0	28090,1	**PL283**	30+050.000	27094,3	12,8	4566466,8	388401,7
PL82	25+025.000	8306,6	7,6	223066,6	28097,7	**PL284**	30+075.000	23572,7	11,2	4590039,5	388412,9
PL83	25+050.000	7543,0	7,6	230609,6	28105,3	**PL285**	30+100.000	16639,2	13,7	4606678,7	388426,6
PL84	25+075.000	7067,2	7,8	237676,8	28113,1	**PL286**	30+125.000	16661,1	14,1	4623339,8	388440,7
PL85	25+100.000	6833,4	7,7	244510,2	28120,8	**PL287**	30+150.000	24139,1	11,0	4647478,9	388451,7
PL86	25+125.000	6774,4	7,6	251284,6	28128,4	**PL288**	30+175.000	30167,3	12,3	4677646,2	388464,0
PL87	25+150.000	7029,9	7,8	258314,5	28136,2	**PL289**	30+200.000	41761,1	11,0	4719407,3	388475,0
PL88	25+175.000	8034,6	7,9	266349,1	28144,1	**PL290**	30+225.000	42296,2	11,8	4761703,5	388486,8
PL89	25+200.000	10473,4	7,5	276822,5	28151,6	**PL291**	30+250.000	30028,1	16,0	4791731,6	388502,8
PL90	25+225.000	13134,0	7,5	289956,5	28159,1	**PL292**	30+275.000	27332,0	13,5	4819063,6	388516,3
PL91	25+250.000	15519,0	7,7	305475,5	28166,8	**PL293**	30+300.000	43723,5	11,3	4862787,1	388527,6
PL92	25+275.000	18312,3	7,6	323787,8	28174,4	**PL294**	30+325.000	60891,9	22,0	4923679,0	388549,6
PL93	25+300.000	20277,7	7,6	344065,5	28182,0	**PL295**	30+350.000	71277,3	11,4	4994956,3	388561,0
PL94	25+325.000	21503,0	7,6	365568,5	28189,6	**PL296**	30+375.000	74828,1	11,0	5069784,4	388572,0
PL95	25+350.000	23242,7	7,8	388811,2	28197,4	**PL297**	30+400.000	73110,3	14,2	5142894,7	388586,2
PL96	25+375.000	25245,1	7,7	414056,3	28205,1	**PL298**	30+425.000	73124,9	9,0	5216019,6	388595,2
PL97	25+400.000	27547,8	7,8	441604,1	28212,9	**PL299**	30+450.000	70387,3	9,9	5286406,9	388605,1
PL98	25+425.000	29682,5	7,5	471286,6	28220,4	**PL300**	30+475.000	64358,2	12,6	5350765,1	388617,7
PL99	25+450.000	31649,3	7,3	502935,9	28227,7	**PL301**	30+500.000	60079,8	12,1	5410844,9	388629,8
PL100	25+475.000	33990,3	7,4	536926,2	28235,1	**PL302**	30+525.000	57337,4	12,0	5468182,3	388641,8
PL101	25+500.000	34797,1	7,2	571723,3	28242,3	**PL303**	30+550.000	51194,1	9,0	5519376,4	388650,8
PL102	25+525.000	32214,6	7,4	603937,9	28249,7	**PL304**	30+575.000	45789,3	5,8	5565165,7	388656,6
PL103	25+550.000	28734,9	7,4	632672,8	28257,1	**PL305**	30+600.000	39537,1	7,3	5604702,8	388663,9
PL104	25+575.000	24691,5	7,3	657364,3	28264,4	**PL306**	30+625.000	28832,8	6,6	5633535,6	388670,5
PL105	25+600.000	21834,6	12,8	679198,9	28277,2	**PL307**	30+650.000	13603,4	3322,7	5647139,0	391993,2
PL106	25+625.000	20508,2	9,0	699707,1	28286,2	**PL308**	30+675.000	1893,4	2369,8	5649032,4	394363,0
PL107	25+650.000	19760,3	36,4	719467,4	28322,6	**PL324**	31+075.000	197,8	2735,2	5649230,2	397098,2
PL108	25+675.000	20201,5	13,0	739668,9	28335,6	**PL325**	31+100.000	5730,6	7,2	5654960,8	397105,4
PL109	25+700.000	21408,5	7,5	761077,4	28343,1	**PL326**	31+125.000	15596,0	7,8	5670556,8	397113,2
PL110	25+725.000	21880,5	7,4	782957,9	28350,5	**PL327**	31+150.000	28977,6	5,0	5699534,4	397118,2
PL111	25+750.000	21811,7	7,5	804769,6	28358,0	**PL328**	31+175.000	40591,7	8,1	5740126,1	397126,3
PL112	25+775.000	21921,0	7,4	826690,6	28365,4	**PL329**	31+200.000	60014,9	4,9	5800141,0	397131,2
PL113	25+800.000	21869,6	7,5	848560,2	28372,9	**PL330**	31+225.000	75390,1	2,3	5875531,1	397133,5
PL114	25+825.000	20756,2	7,7	869316,4	28380,6	**PL331**	31+250.000	87993,0	2,0	5963524,1	397135,5
PL115	25+850.000	18675,5	7,9	887991,9	28388,5	**PL332**	31+275.000	94579,0	2,1	6058103,1	397137,6
PL116	25+875.000	16701,0	8,0	904692,9	28396,5	**PL333**	31+300.000	98001,1	2,1	6156104,2	397139,7
PL117	25+900.000	15371,0	14,8	920063,9	28411,3	**PL334**	31+325.000	97402,7	2,0	6253506,9	397141,7
PL118	25+925.000	14465,6	23,7	934529,5	28435,0	**PL335**	31+350.000	94069,5	2,1	6347576,4	397143,8
PL119	25+950.000	13993,3	21,4	948522,8	28456,4	**PL336**	31+375.000	87861,6	2,0	6435438,0	397145,8

PL120	25+975.000	13635,4	8,5	962158,2	28464,9	**PL337**	31+400.000	79278,8	2,1	6514716,8	397147,9
PL121	26+000.000	14044,3	8,6	976202,5	28473,5	**PL338**	31+425.000	70428,0	2,0	6585144,8	397149,9
PL122	26+025.000	14792,2	8,5	990994,7	28482,0	**PL339**	31+450.000	60249,5	2,0	6645394,3	397151,9
PL123	26+050.000	15888,4	8,4	1006883,1	28490,4	**PL340**	31+475.000	51839,1	2,1	6697233,4	397154,0
PL124	26+075.000	17406,3	8,4	1024289,4	28498,8	**PL341**	31+500.000	45852,4	3,3	6743085,8	397157,3
PL125	26+100.000	18868,6	8,4	1043158,0	28507,2	**PL342**	31+525.000	36444,8	4,7	6779530,6	397162,0
PL126	26+125.000	20697,4	8,4	1063855,4	28515,6	**PL343**	31+550.000	21458,9	3157,5	6800989,5	400319,5
PL127	26+150.000	22883,6	8,1	1086739,0	28523,7	**PL344**	31+575.000	11121,1	1484,9	6812110,6	401804,4
PL128	26+175.000	24972,3	8,1	1111711,3	28531,8	**PL345**	31+600.000	6743,9	5118,8	6818854,5	406923,2
PL129	26+200.000	26935,9	8,0	1138647,2	28539,8	**PL346**	31+625.000	3280,0	7351,5	6822134,5	414274,7
PL130	26+225.000	29061,4	7,9	1167708,6	28547,7	**PL347**	31+650.000	5744,4	2257,7	6827878,9	416532,4
PL131	26+250.000	30986,3	7,7	1198694,9	28555,4	**PL348**	31+675.000	10811,8	1450,4	6838690,7	417982,8
PL132	26+275.000	32800,5	7,2	1231495,4	28562,6	**PL349**	31+700.000	16708,4	1563,0	6855399,1	419545,8
PL133	26+300.000	34702,7	6,7	1266198,1	28569,3	**PL350**	31+725.000	20738,3	441,2	6876137,4	419987,0
PL134	26+325.000	35137,6	6,4	1301335,7	28575,7	**PL351**	31+750.000	28673,9	1,4	6904811,3	419988,4
PL135	26+350.000	36241,7	6,4	1337577,4	28582,1	**PL352**	31+775.000	42271,9	1,8	6947083,2	419990,2
PL136	26+375.000	36987,6	6,5	1374565,0	28588,6	**PL353**	31+800.000	52342,3	1,8	6999425,5	419992,0
PL137	26+400.000	38948,3	6,6	1413513,3	28595,2	**PL354**	31+825.000	51492,6	1,7	7050918,1	419993,7
PL138	26+425.000	41578,1	6,5	1455091,4	28601,7	**PL355**	31+850.000	47133,8	1,7	7098051,9	419995,4
PL139	26+450.000	46285,2	6,6	1501376,6	28608,3	**PL356**	31+875.000	36814,8	30,1	7134866,7	420025,5
PL140	26+475.000	50649,4	6,6	1552026,0	28614,9	**PL357**	31+900.000	27836,4	180,3	7162703,1	420205,8
PL141	26+500.000	52999,8	6,6	1605025,8	28621,5	**PL358**	31+925.000	27868,6	14,5	7190571,7	420220,3
PL142	26+525.000	47463,1	7,3	1652488,9	28628,8	**PL359**	31+950.000	20912,5	5,3	7211484,2	420225,6
PL143	26+550.000	40166,3	9,2	1692655,2	28638,0	**PL360**	31+975.000	11838,8	624,0	7223323,0	420849,6
PL144	26+575.000	33505,8	9,2	1726161,0	28647,2	**PL361**	32+000.000	240,0	6856,7	7223563,0	427706,3
PL145	26+600.000	31729,3	12,8	1757890,3	28660,0	**PL362**	32+025.000	284,7	13140,9	7223847,7	440847,2
PL146	26+625.000	28639,5	8,6	1786529,8	28668,6	**PL363**	32+050.000	1374,4	15239,0	7225222,1	456086,2
PL147	26+650.000	23165,4	9,4	1809695,2	28678,0	**PL375**	32+350.000	10124,2	8,0	7235346,3	456094,2
PL148	26+675.000	18289,7	9,6	1827984,9	28687,6	**PL376**	32+375.000	28045,0	7,7	7263391,3	456101,9
PL149	26+700.000	15418,3	13,1	1843403,2	28700,7	**PL377**	32+400.000	47668,7	8,0	7311060,0	456109,9
PL150	26+725.000	15501,6	9,3	1858904,8	28710,0	**PL378**	32+425.000	64115,5	7,9	7375175,5	456117,8
PL151	26+750.000	15126,9	9,4	1874031,7	28719,4	**PL379**	32+450.000	80683,7	6,8	7455859,2	456124,6
PL152	26+775.000	14547,7	9,0	1888579,4	28728,4	**PL380**	32+475.000	93064,5	5,1	7548923,7	456129,7
PL153	26+800.000	13315,3	8,2	1901894,7	28736,6	**PL381**	32+500.000	97965,6	6,6	7646889,3	456136,3
PL154	26+825.000	10304,8	7,8	1912199,5	28744,4	**PL382**	32+525.000	103906,1	7,1	7750795,4	456143,4
PL155	26+850.000	5767,5	7,5	1917967,0	28751,9	**PL383**	32+550.000	114886,0	6,2	7865681,4	456149,6
PL156	26+875.000	584,6	770,8	1918551,6	29522,7	**PL384**	32+575.000	115948,2	4,0	7981629,6	456153,6
PL157	26+900.000	0,0	9006,9	1918551,6	38529,6	**PL385**	32+600.000	106027,9	3,7	8087657,5	456157,3
PL158	26+925.000	334,2	5468,8	1918885,8	43998,4	**PL386**	32+625.000	95644,2	3,6	8183301,7	456160,9
PL159	26+950.000	548,0	5914,4	1919433,8	49912,8	**PL387**	32+650.000	86347,8	2,1	8269649,5	456163,0
PL160	26+975.000	789,3	8826,3	1920223,1	58739,1	**PL388**	32+675.000	79692,0	2,0	8349341,5	456165,0
PL161	27+000.000	30,3	10756,9	1920253,4	69496,0	**PL389**	32+700.000	74624,2	2,1	8423965,7	456167,1
PL162	27+025.000	0,0	11073,3	1920253,4	80569,3	**PL390**	32+725.000	68273,1	5,3	8492238,8	456172,4
PL163	27+050.000	0,0	3659,9	1920253,4	84229,2	**PL391**	32+750.000	62639,2	3,4	8554878,0	456175,8
PL164	27+075.000	747,7	7,4	1921001,1	84236,6	**PL392**	32+775.000	62305,3	2,2	8617183,3	456178,0
PL165	27+100.000	6126,9	7,1	1927128,0	84243,7	**PL393**	32+800.000	62306,8	2,8	8679490,1	456180,8
PL166	27+125.000	12861,2	6,3	1939989,2	84250,0	**PL394**	32+825.000	57104,1	2,4	8736594,2	456183,2
PL167	27+150.000	16828,5	6,4	1956817,7	84256,4	**PL395**	32+850.000	52122,8	2,2	8788717,0	456185,4
PL168	27+175.000	18873,0	6,6	1975690,7	84263,0	**PL396**	32+875.000	52839,7	2,0	8841556,7	456187,4
PL169	27+200.000	20780,7	6,7	1996471,4	84269,7	**PL397**	32+900.000	59037,8	1,9	8900594,5	456189,3
PL170	27+225.000	21609,1	7,0	2018080,5	84276,7	**PL398**	32+925.000	58463,9	4,1	8959058,4	456193,4
PL171	27+250.000	22520,5	7,2	2040601,0	84283,9	**PL399**	32+950.000	50713,3	4,3	9009771,7	456197,7

PL172	27+275.000	22236,2	7,3	2062837,2	84291,2	**PL400**	32+975.000	38843,5	4,4	9048615,2	456202,1
PL173	27+300.000	22328,7	7,3	2085165,9	84298,5	**PL401**	33+000.000	34165,9	5,6	9082781,1	456207,7
PL174	27+325.000	22686,4	7,4	2107852,3	84305,9	**PL402**	33+025.000	33400,5	3402,5	9116181,6	459610,2
PL175	27+350.000	22786,1	7,4	2130638,4	84313,3	**PL403**	33+050.000	39075,5	2,0	9155257,1	459612,2
PL176	27+375.000	22410,2	7,4	2153048,6	84320,7	**PL404**	33+075.000	59731,3	2,1	9214988,4	459614,3
PL177	27+400.000	21427,5	7,5	2174476,1	84328,2	**PL405**	33+100.000	73723,7	2,3	9288712,1	459616,6
PL178	27+425.000	20381,9	7,5	2194858,0	84335,7	**PL406**	33+125.000	73950,8	2,3	9362662,9	459618,9
PL179	27+450.000	19094,0	7,8	2213952,0	84343,5	**PL407**	33+150.000	57170,1	5,6	9419833,0	459624,5
PL180	27+475.000	17305,1	7,9	2231257,1	84351,4	**PL408**	33+175.000	42883,9	14,3	9462716,9	459638,8
PL181	27+500.000	15282,3	7,9	2246539,4	84359,3	**PL409**	33+200.000	33979,0	6,9	9496695,9	459645,7
PL182	27+525.000	12859,9	8,0	2259399,3	84367,3	**PL410**	33+224.000	28482,3	6,6	9525178,2	459652,3
PL183	27+550.000	10174,5	8,0	2269573,8	84375,3	**PL411**	33+250.000	23556,3	27,1	9548734,5	459679,4
PL184	27+575.000	7481,1	15,6	2277054,9	84390,9	**PL412**	33+275.000	14560,6	479,2	9563295,1	460158,6
PL185	27+600.000	5461,7	8,0	2282516,6	84398,9	**PL413**	33+300.000	8153,6	2252,9	9571448,7	462411,5
PL186	27+625.000	3347,9	8,0	2285864,5	84406,9	**PL414**	33+325.000	3335,1	5050,7	9574783,8	467462,2
PL187	27+650.000	1390,3	12,1	2287254,8	84419,0	**PL415**	33+350.000	99,4	11063,5	9574883,2	478525,7
PL188	27+675.000	197,4	564,0	2287452,2	84983,0	**PL416**	33+375.000	0,0	16030,0	9574883,2	494555,7
PL189	27+700.000	0,0	2190,8	2287452,2	87173,8	**PL417**	33+400.000	0,0	12918,7	9574883,2	507474,4
PL190	27+725.000	0,0	4192,6	2287452,2	91366,4	**PL418**	33+425.000	0,0	12278,7	9574883,2	519753,1
PL191	27+750.000	0,0	6106,2	2287452,2	97472,6	**PL419**	33+450.000	0,0	12459,2	9574883,2	532212,3
PL192	27+775.000	0,0	7806,2	2287452,2	105278,8	**PL420**	33+475.000	2074,0	621,4	9576957,2	532833,7
PL193	27+800.000	0,0	10256,6	2287452,2	115535,4	**PL421**	33+500.000	16558,6	4,4	9593515,8	532838,1
PL194	27+825.000	0,0	16389,5	2287452,2	131924,9	**PL422**	33+525.000	32825,9	4,2	9626341,7	532842,3
PL195	27+850.000	0,0	21192,8	2287452,2	153117,7	**PL423**	33+550.000	43611,6	7,0	9669953,3	532849,3
PL196	27+875.000	0,0	18498,5	2287452,2	171616,2	**PL424**	33+575.000	34026,9	5,0	9703980,2	532854,3
PL197	27+900.000	0,0	11486,1	2287452,2	183102,3	**PL425**	33+600.000	21438,5	7,2	9725418,7	532861,5
PL198	27+925.000	0,0	6071,8	2287452,2	189174,1	**PL426**	33+625.000	5003,6	1256,3	9730422,3	534117,8
PL199	27+950.000	0,0	2413,0	2287452,2	191587,1	**PL427**	33+650.000	19,2	7688,3	9730441,5	541806,1
PL200	27+975.000	440,8	181,7	2287893,0	191768,8	**PL428**	33+675.000	0,0	20041,5	9730441,5	561847,6
PL201	28+000.000	2259,9	7,9	2290152,9	191776,7	**PL429**	33+700.000	0,0	27944,8	9730441,5	589792,4
PL202	28+025.000	4283,6	8,0	2294436,5	191784,7	**PL430**	33+725.000	0,0	38172,7	9730441,5	627965,1
PL203	28+050.000	7395,8	7,8	2301832,3	191792,5	**PL431**	33+750.000	0,0	29421,6	9730441,5	657386,7
PL204	28+075.000	9623,6	7,2	2311455,9	191799,7	**PL432**	33+775.000	0,0	14940,2	9730441,5	672326,9
PL205	28+100.000	11148,0	7,1	2322603,9	191806,8	**PL433**	33+800.000	0,0	3909,1	9730441,5	676236,0
PL206	28+125.000	11561,3	9,7	2334165,2	191816,5	**PL434**	33+825.000	6295,8	6,5	9736737,3	676242,5
PL207	28+150.000	10798,5	10,5	2344963,7	191827,0	**PL435**	33+850.000	18272,7	6,8	9755010,0	676249,3
PL208	28+175.000	4745,7	8,0	2349709,4	191835,0	**PL436**	33+875.000	36563,3	21,5	9791573,3	676270,8
PL209	28+200.000	455,9	827,5	2350165,3	192662,5	**PL437**	33+900.000	63672,9	6,3	9855246,2	676277,1
PL210	28+225.000	0,0	5995,1	2350165,3	198657,6	**PL438**	33+925.000	92178,3	6,5	9947424,5	676283,6
PL211	28+250.000	0,0	14474,3	2350165,3	213131,9	**PL439**	33+950.000	85651,7	6,8	10033076,2	676290,4
PL212	28+275.000	0,0	25719,3	2350165,3	238851,2	**PL440**	33+975.000	59072,7	6,9	10092148,9	676297,3
PL213	28+300.000	0,0	41188,9	2350165,3	280040,1	**PL441**	34+000.000	20995,2	4,3	10113144,1	676301,6
PL214	28+325.000	0,0	34777,5	2350165,3	314817,6	**PL442**	34+004.669	2945,2	2,7	10116089,3	676304,3

ANNEXE V : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais

PK	Déblai	Remblai	Hmax (m)
23+000 au 23+200	/	Remblai	0.86
23+200 au 23+375	Déblai	/	1.34
23+375 au 23+800	/	Remblai	3.30
24+250 au 25+475	Déblai	/	17.95
25+475 au 26+300	Déblai	/	18.24
26+300 au 26+875	Déblai	/	23.64
26+875 au 27+075	/	Remblai	8.41
27+075 au 27+650	Déblai	/	12.97
27+650 au 27+975	/	Remblai	14.83
27+975 au 28+175	Déblai	/	7.35
28+175 au 28+400	/	Remblai	14.39
28+400 au 28+700	Déblai	/	22.11
28+900 au 29+050	/	Remblai	7.28
29+050 au 29+125	Déblai	/	1.75
29+125 au 29+850	Déblai	/	36.17
29+850 au 29+925	/	Remblai	1.71
29+925 au 30+650	Déblai	/	24.47
30+650 au 30+700	/	Remblai	2.26
31+100 au 31+575	Déblai	/	26.48
31+575 au 31+675	**/**	Remblai	5.16
31+675 au 31+975	Déblai	/	14.11
31+975 au 32+075	/	Remblai	8.10
32+325 au 33+300	**Déblai**	/	**37.78**
33+300 au 33+500	**/**	**Remblai**	**17.67**
33+500 au 33+625	Déblai	/	21.66
33+625 au 33+800	/	Remblai	24.49
33+800 au 34+004	Déblai	/	31.37

Analyse de stabilité du PK 25+440 :

En tenant en compte les paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de **2H :1V**.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- Le niveau phréatique est pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération

Paramètres Géotechniques :

Tableau : Les paramètres géotechniques des sols.

Formation geologique	Épaisseur	Court terme		Long terme		
		γ(KN/m^3)	C_U(Kpa)	γ(KN/m^3)	C'(Kpa)	Φ'
Gravier	1m	20	1	20	1	30
Argile dure	4m	17	75	17	30	1
Marne	7m	19	125	19	50	1

Résultats d'analyse par logiciel :

Les analyses numériques à l'équilibre limite ont été faite à partir du logiciel **SLIDE 6.0** qui permet de vérifier la stabilité des talus et déterminer la surface de rupture potentielle.

Il est basé sur la méthode des tranches qui donne un coefficient de sécurité pour l'ensemble des zones étudiées en considérant un comportement rigide plastique du sol.

Utilisant le cas de déblai le plus défavorable dans les 3 cas :

- Long terme :

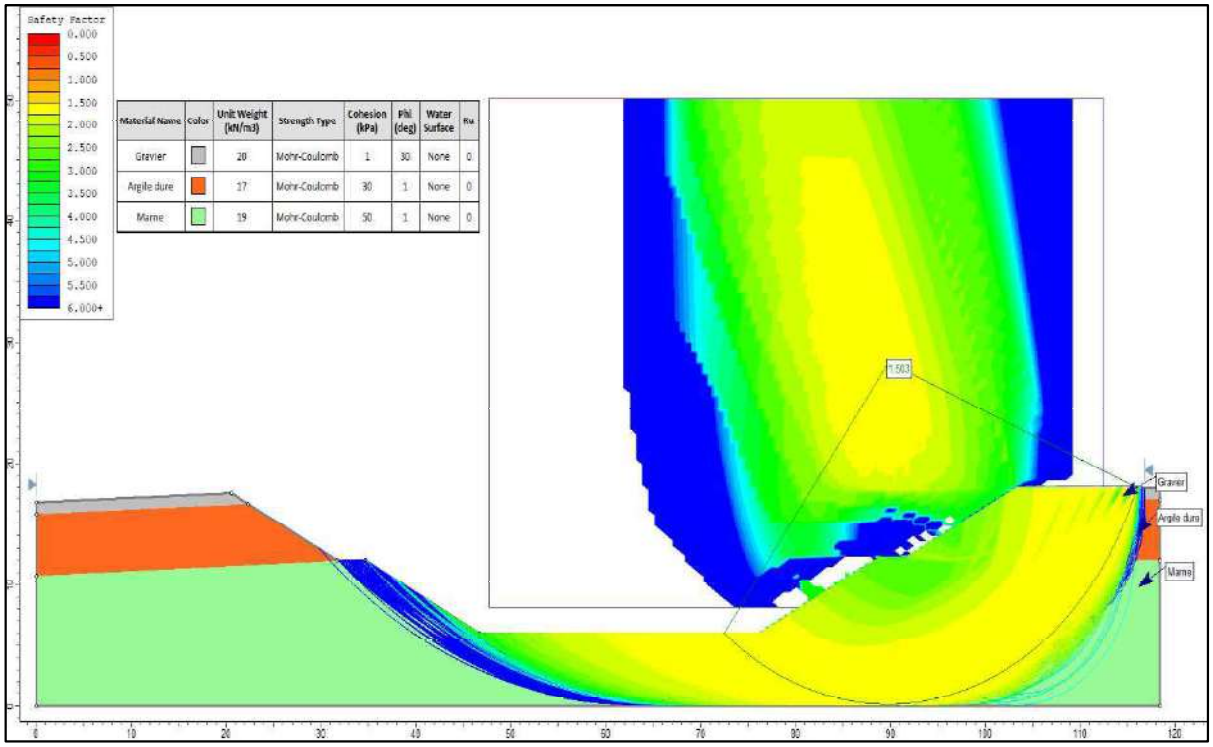


Figure : Analyse de stabilité de la section PK 25+440

- Court terme :

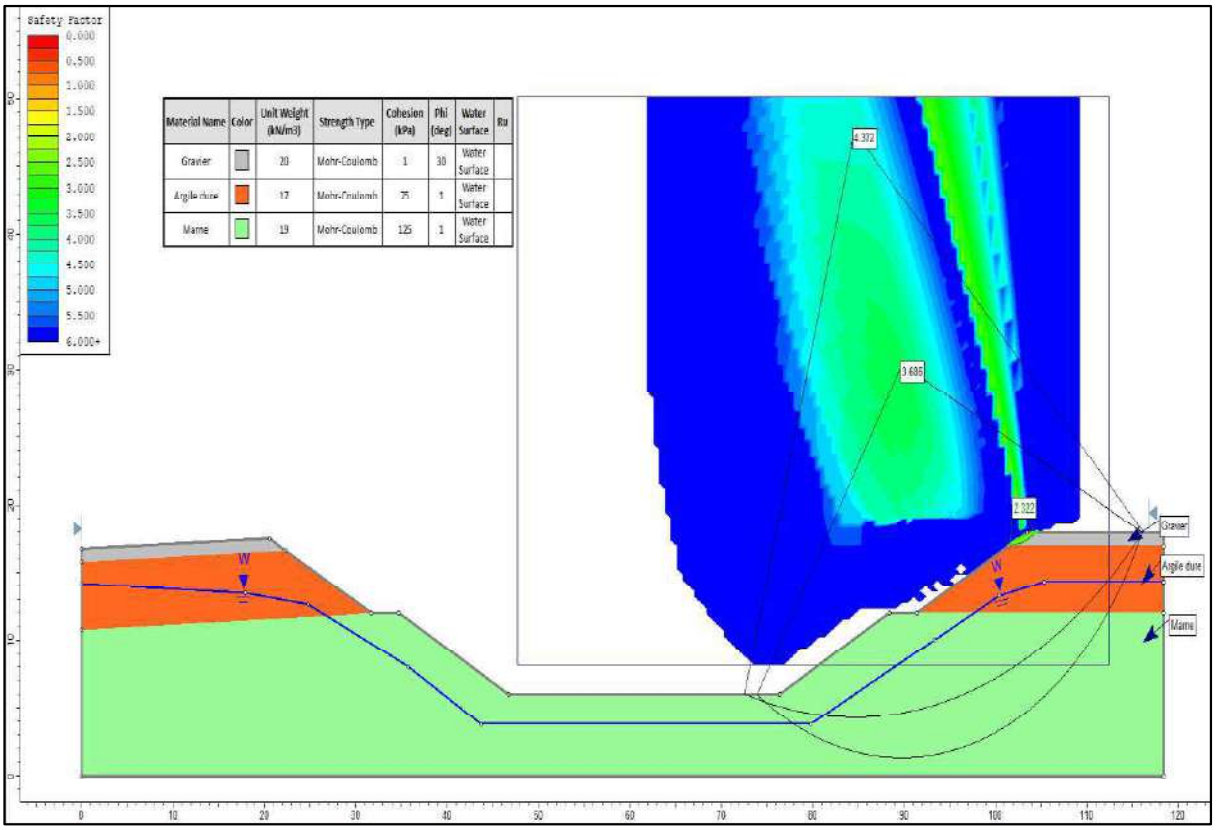


Figure: Analyse de stabilité de la section PK 25+440

- Cas dynamique :

Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA : $K_h = 0.125$ et $K_v = 0.038$

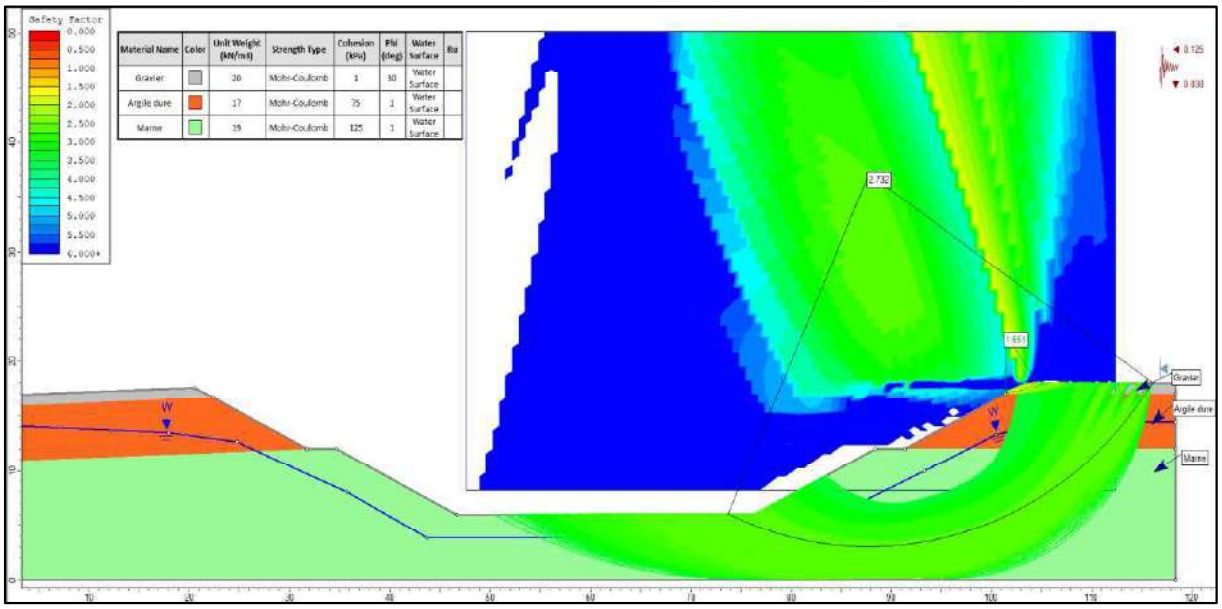


Figure: Analyse de Stabilité en Condition Sismique de la Section PK : PK 25+440

Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : $F_S = 1.503 > 1.5 \Rightarrow$ vérifier
- Cas court terme : $F_S = 2.32 > 1.5 \Rightarrow$ vérifier
- Cas dynamique (sismique) : $F_S = 1.65 > 1 \Rightarrow$ **vérifier**

Avec la pente **(2H/1V)**, les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité.

Aperçu du talus aux environs du PK 25 + 440



ANNEXE VI : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

- **Calcule la longueur de clothoïde :**

$$\mathbf{L = max\{7|\Delta\delta| \text{ et } 6R^{0.4}\}.}$$

- Rayon de la boucle = 51 m < 60 m (vérifie)

δ_1= ? (Le devers sur le rayon de la boucle)

R= 300 ⟹ δ= 2.5 %

R= 51 ⟹ δ_1= ? % $\quad \boldsymbol{\delta 1 = \frac{52-300}{40-300} * (7-2.5) + 2.5 = 6.81\ \%}$

R= 40 ⟹ δ= 7 %

δ_2= 2.5 % (le devers sur l'alignement droit)

$|\Delta d| = \delta_1 - \delta_2 = 6.81 - 2.5 = 4.31$ %

$$\mathbf{L = max\{7|\Delta\delta| et\ 6R^{0.4}\} = max\{7 * 4.31 \text{ et } 6 * 52^{0.4}\} = max\{30.17 \text{ et } 28.92\} = 28.92}$$

Alors notre choix est : **L > 30 m, L= 47 m**

- rayon de la 1er bretelle , $\mathbf{R(\ bretelle) = \ 250\ m}$

δ_1= ? (Le devers sur le rayon de la bretelle)

R= 300 ⟹ δ= 2.5 %

R= 250 ⟹ δ_1= ? % $\quad \boldsymbol{\delta 1 = \frac{250-300}{40-300} * (7-2.5) + 2.5 = 3.36\ \%}$

R= 40 ⟹ δ= 7 %

δ_2= 2.5 % (le devers sur l'alignement droit)

$|\Delta d| = \delta_1 - \delta_2 = 3.36 - 2.5 = 0.87$ %

$$\mathbf{L = max\{7|\Delta\delta| et\ 6R^{0.4}\} = max\{7 * 0.87 \text{ et } 6 * 250^{0.4}\} = max\{6.09 \text{ et } 54.61\} = 54.61}$$

Alors notre choix est : **L> 54 m, L= 70 m**

- rayon de la 2eme bretelle , $\mathbf{R(\ bretelle) = \ 200\ m}$

δ_1= ? (Le devers sur le rayon de la bretelle)

R= 300 ⟹ δ= 2.5 %

R= 200 ⟹ δ_1= ? % $\quad \boldsymbol{\delta 1 = \frac{200-300}{40-300} * (7-2.5) + 2.5 = 4.23\ \%}$

R= 40 ⟹ δ= 7 %

δ_2= 2.5 % (le devers sur l'alignement droit)

$|\Delta d| = \delta_1 - \delta_2 = 4.23 - 2.5 = 1.73$ %

$$\mathbf{L = max\{7|\Delta\delta| et\ 6R^{0.4}\} = max\{7 * 1.73 \text{ et } 6 * 200^{0.4}\} = max\{12.11 \text{ et } 49.95\}}$$

$$\mathbf{L = 49.95}$$

Alors notre choix est : **L > 50 m, L= 67 m**

- rayon de la 3eme bretelle , $\mathbf{R(\ bretelle) = 100\ m \approx 2 * R(boucle)}$
- alors la règle de L' Enchaînement est vérifie

δ_1= ? (Le devers sur le rayon de la bretelle)

R= 300 ⟹ δ= 2.5 %

R= 100 ⟹ δ_1= ? % $\quad \mathbf{\delta 1 = \frac{100-300}{40-300} * (7 - 2.5) + 2.5 = 5.96\ \%}$

R= 40 ⟹ δ= 7 %

δ_2= 2.5 % (le devers sur l'alignement droit)

$|\Delta d| = \delta_1 - \delta_2 = 5.96 - 2.5 = 3.46\ \%$

$$\mathbf{L = max\{7|\Delta\delta| et\ 6R^{0.4}\} = max\{7 * 3.46\ et\ 6 * 100^{0.4}\} = max\{24.22\ et\ 37.85\}}$$

$$\mathbf{L = 37.85\ m}$$

Alors notre choix est : **L> 50 m, L= 58 m**

LISTING D'AXES:

Axe 1 : bretelle 1

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	306.5051	96.930	0.000	458070.563	4004248.450
Clothoïde 1	Paramètre	-131.382	70.000	96.930	457974.138	4004258.337
Arc 1	Rayon Centre X Centre Y	-246.589 457964.582 4004508.030	310.736	166.930	457904.981	4004268.753
Clothoïde 2	Paramètre	131.382	70.000	477.666	457718.538	4004491.635
Droite 2	Gisement	4.7999	56.437	547.666	457720.503	4004561.544
				604.104	457724.754	4004617.821
Longueur totale de l'axe 604.104 mètres						

Axe 2 : bretelle 2

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	204.7999	104.676	0.000	457709.861	4004619.797
Clothoïde 1	Paramètre	-115.901	67.000	104.676	457701.976	4004515.418
Arc 1	Rayon Centre X Centre Y	-200.493 457498.602 4004497.217	242.869	171.676	457693.229	4004449.075
Clothoïde 2	Paramètre	115.901	67.000	414.545	457521.997	4004298.094
Droite 2	Gisement	303.1916	109.678	481.545	457455.081	4004297.722
				591.222	457345.541	4004303.218
Longueur totale de l'axe 591.222 mètres						

Axe 3 : la route d'entrée

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	204.7999	367.817	0.000	457717.338	4004619.209
				367.817	457689.632	4004252.437
Longueur totale de l'axe 367.817 mètres						

Axe 4 : la boucle

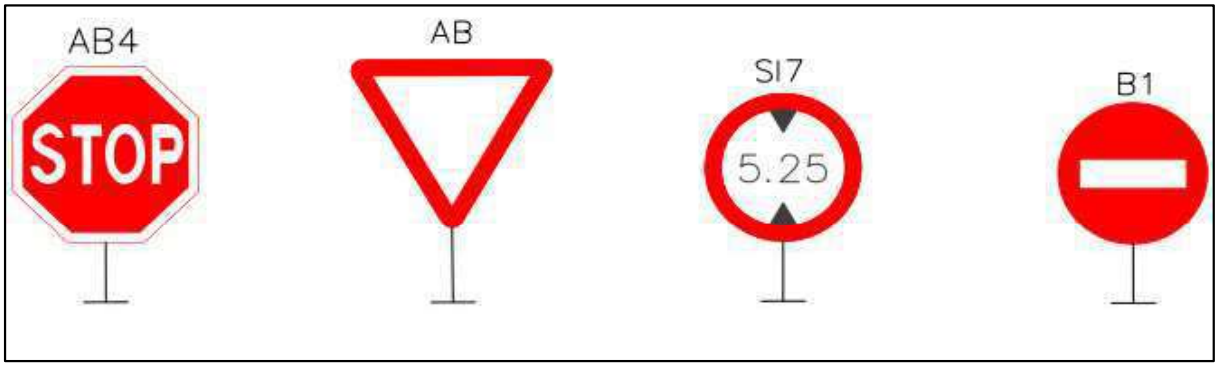
Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	204.7999	29.051	0.000	457681.939	4004250.170
Clothoïde 1	Paramètre	-48.811	47.000	29.051	457679.751	4004221.202
Arc 1	Rayon	-50.692	191.011	76.051	457669.154	4004175.871
	Centre X	457625.648				
	Centre Y	4004201.889				
Clothoïde 2	Paramètre	48.811	47.000	267.062	457605.659	4004248.474
Droite 2	Gisement	103.7078	72.232	314.062	457651.997	4004252.936
				386.294	457724.107	4004248.732
Longueur totale de l'axe 386.294 mètres						

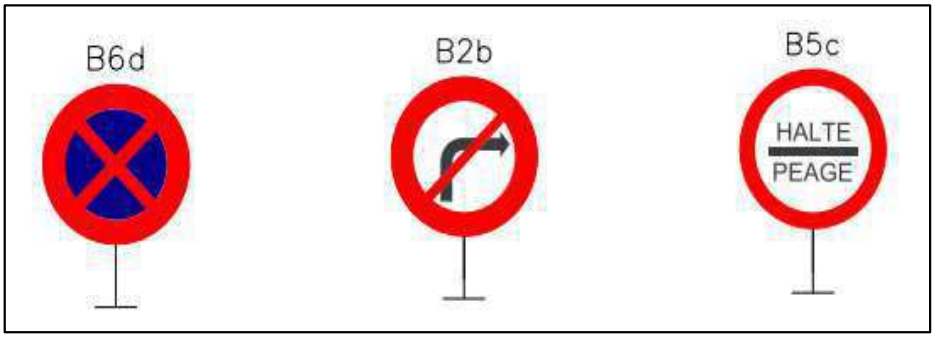
Axe 5 : bretelle 3

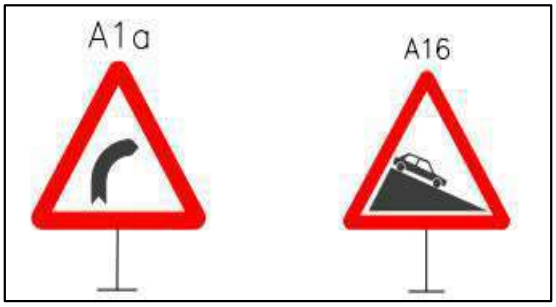
Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	204.8821	27.359	0.000	457697.031	4004250.310
Clothoïde 1	Paramètre	-59.057	53.120	27.359	457694.935	4004223.032
Arc 1	Rayon	-65.656	116.787	80.479	457683.873	4004171.470
	Centre X	457625.673				
	Centre Y	4004201.860				
Clothoïde 2	Paramètre	55.615	47.110	197.266	457583.922	4004151.189
Clothoïde 3	Paramètre	77.862	60.624	244.376	457555.862	4004188.695
Arc 2	Rayon	100.000	24.673	305.000	457520.593	4004237.700
	Centre X	457452.810				
	Centre Y	4004164.179				
Clothoïde 4	Paramètre	-88.290	77.952	329.673	457500.585	4004252.029
Droite 2	Gisement	306.8969	85.765	407.624	457425.342	4004270.289
				493.389	457340.080	4004279.562
Longueur totale de l'axe 493.389 mètres						

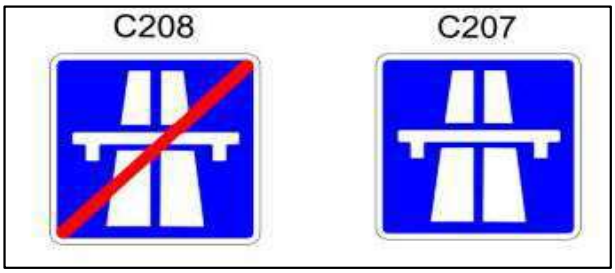
ANNEXE VII : SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIER

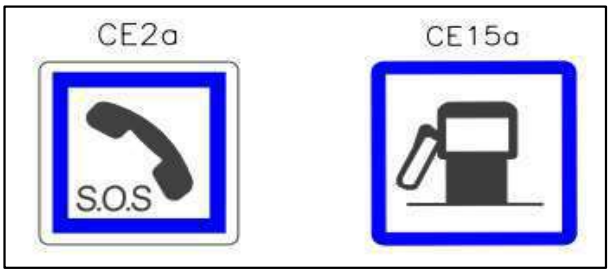
Signalisations verticales



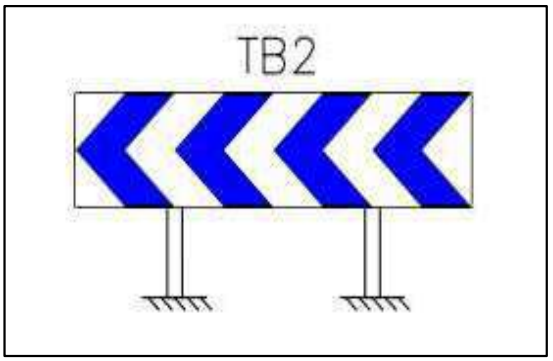




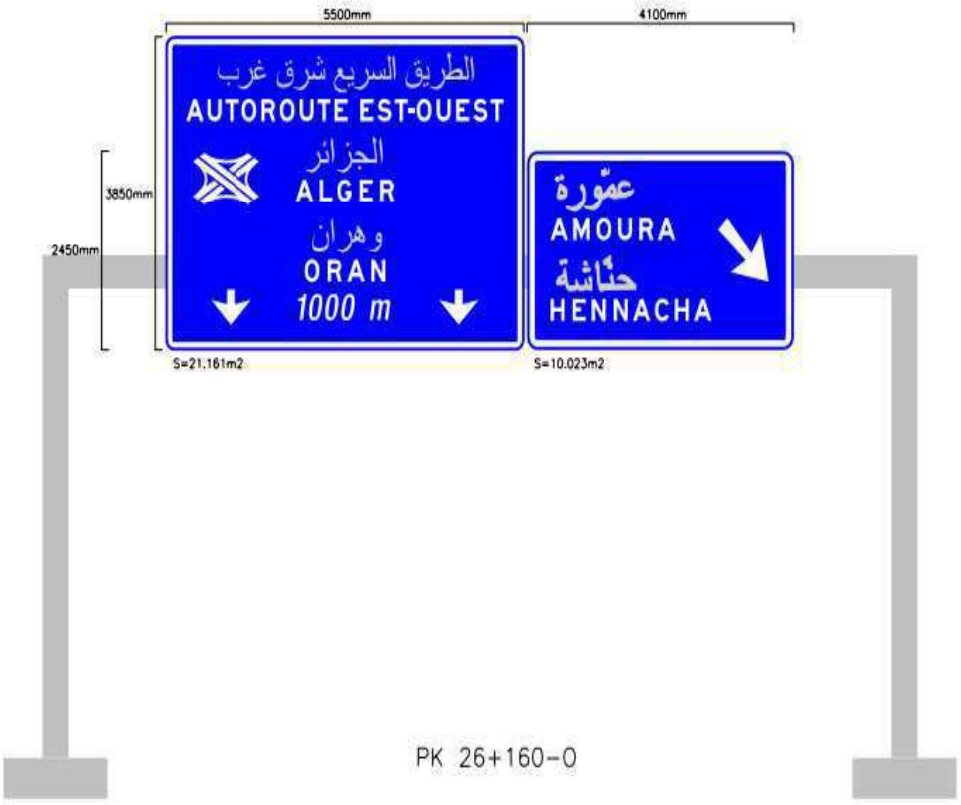




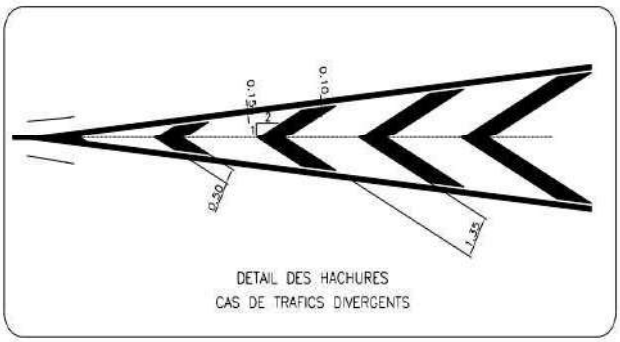




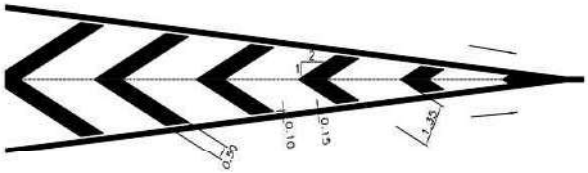
Sortie de wilaya	
Entrée de wilaya	

Signalisation avancée D30	
Pré-Signalisation D40	

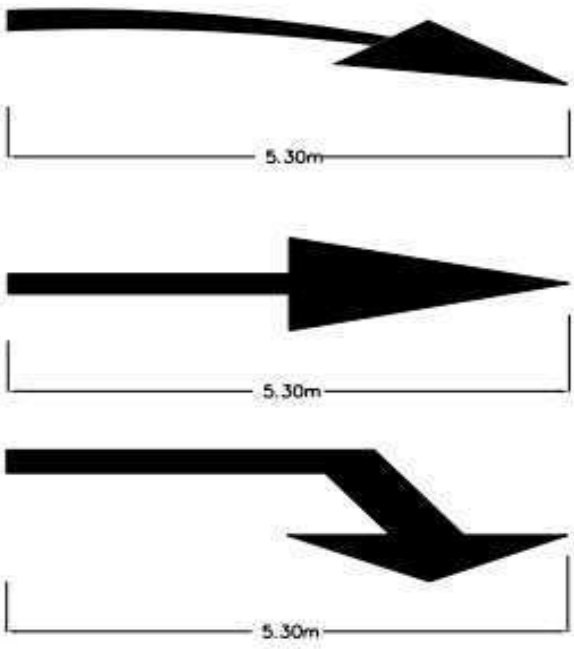
Signalisations horizontales



DETAIL DES HACHURES
CAS DE TRAFICS DIVERGENTS



DETAIL DES HACHURES
CAS DE TRAFICS CONVERGENTS



MODULATION DES LIGNES DISCONTINUES

TYPE DE MODULATION	LONGEUR DU TRAIT (en mètres)	INTERVALLE ENTRE TRAITS SUCCESSIFS (en mètres)	RAPPORT PLEIN/VIDE
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ 1/3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.50	Environ 1/1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ 3/1
T4	39.00	13.00	Environ 3/1

TYPES DE MODULATION (LIGNES DISCONTINUES)

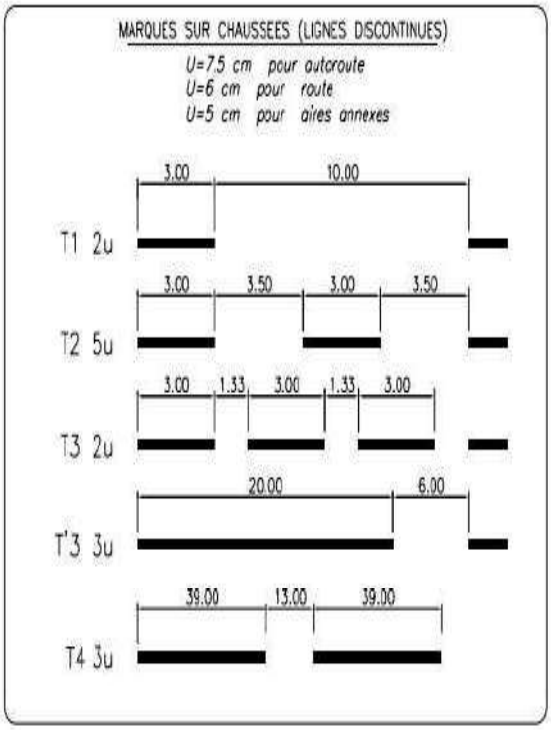


Tableau : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T’3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d’arrêt d’urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T’2	Ligne “ CÉDEZ-LE-PASSAGE ”	50cm

Tableau : Les caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T’1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
Rive	T2	3	3.5		Blanc
	T’3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
Transversal	T’2	0.5	0.5	1	Blanc
Délimitation du TPC	Lc	-	-	-	Jaune