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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de base

Thème

Etude en APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest sur 12km du PK 27+00 au PK 39+00 avec conception d'un échangeur

Présenté par :

ALLALI MAROUA.

Encadré par :

Mr. DERRADJI AYACHI.

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Résumé :

Ce travail consiste à étudier en Avant-Projet Détaillé un projet routier, sous-titre (réalisation d'une pénétrante reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest avec la conception d'un échangeur).

Le travail comporte : Une étude de trafic ; la conception de la géométrie : le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers avec l'éclairage et la signalisation adéquate ; l'étude de la partie géotechnique et l'interprétation des résultats ; le dimensionnement de corps de chaussée ; Vérification de la stabilité des talus routiers ; l'étude de l'assainissement routier ; la conception de l'échangeur; les ouvrages d'art à réaliser ; l'étude de l'impact du projet sur l'environnement et enfin une estimation du cout total du projet.

الملخص

مشروعنا يتضمن دراسة تفصيلية لجزء من الطريق السريع شرشال - الطريق السريع شرق غرب على طو ل 12 كيلو متر من النقطة الكيلومتري 27 إلى النقطة الكيلومتري 39 وتصميم مبادل الطرق

يتضمن العمل : دراسة حركة المرور، تصميم الشكل الهندسي : المقطع االفقي، المقطع الطولي ، المقطع العرضي ، الاضاءة والالفتات المناسبة ، دراسة الجزء الجيوتقني وتفسير النتائج ، تحجيم سمك الطريق ، التحقق من استقرار منحدرت الطريق، دراسة الصرف الصحي للطرق ، منشآت الفنية المراد صنعها، دراسة اثر المشروع على البيئة واخيرا تقدير التكلفة االجمالية للمشروع

Summary:

This work consists of studying a road project , (a section of the penetrating : Cherchell to the East-West motorway over 12 km from KP 27 to KP 39 with the design of an exchanger).

The work includes A traffic study ; the design of the geometry: the horizontal layout, the longitudinal profile, the cross-section and the appropriate lighting and signage; the study of the geotechnical part and the interpretation of the results; the sizing of the roadway; Verification of the stability of road slopes; the road sanitation study; bridges to build ; the study of the impact of the project on the environment and finally an estimate of the total cost of the project.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Le Bon Dieu de m'avoir donnée la patience et le courage pour aller jusqu'au bout de mes études.

Un remerciement spécial à ma famille pour son soutien et son sacrifice.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à mon encadreur Monsieur AYACHI Derradji pour son aide et ses conseils.

Mes remerciements à tout le personnel administratif de l'école ainsi que nos enseignants durant toute notre formation

Mes remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour l'avoir enrichi par leurs propositions.

Finalement, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont guidée durant les moments les plus pénibles de ce long chemin :

Ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenue durant toute ma vie.

Mon père qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'étude et toute ma vie.

A mes très chères sœurs (Ibtissem, Nour El Houda) et mon frère Mahfoud.

A mes proches amis qui ont été à côté de moi.

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

ALLali maroua

Liste des abréviations :

- RN : route nationale
- PK : Point kilométrique
- ICTAAL : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- APD : Avant-projet détaillé.
- APS : Avant-projet sommaire.
- UVP : Unité de véhicule particulier.
- VB : Vitesse de base.
- PL : poids lourds.
- TJMA : Trafic journalier moyen annuel
- RHm : rayon horizontal minimal absolu
- RHn : rayon horizontal normal
- Rhd : rayon au devers minimal
- Rhnd : rayon minimal non-déversé
- BDG : Bande dérasée de gauche.
- BDD : Bande dérasée de droite.
- BM : Bande médiane.
- BAU : Bande d’arrêt d’urgence.
- PR : Puits de reconnaissance
- SC : Sondage carotté.
- GTR : Guide du terrassement routier.
- BB : béton bitumineux
- GB : Grave bitume
- GNT : Grave non-traitée
- Ø : pour les diamètres

Listes des figures

Figure I-1Chute de pierres 2

Figure I-2 Glissement plan..... 2

Figure I-3 Glissement rotationnel simple 3

Figure I-4 Glissement successifs emboites 3

Figure I-5 Coulée boueuse 4

Figure I-6 Différents types de rupture circulaire des talus 5

Figure II-1 Carte de zonage sismique en Algérie..... 8

Figure II-2 : Port de Cherchell 9

Figure II-3 Tracé du projet à vol d'oiseau..... 10

Figure IV-1 Raccordement circulaire entre deux alignements 20

Figure IV-2 schéma illustratif d'un rayon concave..... 23

Figure VI-0-1 Abaque de la classification GTR pour Dmax ≤ 50mm..... 39

Figure VII-1 Banquette en béton projeté sur le talus..... 41

Figure VII-2 : Analyse de stabilité déblais PK 34+875 à 35+500. FS= 2,07. 43

Figure VII-3 : Analyse de stabilité déblais avec action sismique PK 34+875 à 35+500. FS= 1,39..... 44

Figure VII-4 : Analyse de stabilité remblais PK33+650 à 33+925. FS= 3,96..... 46

Figure VII-5 : Analyse de stabilité remblais avec action sismique PK33+650 à 33+925. FS= 1,83..... 47

Figure VIII-1 Types de structures 50

Figure VIII-2 Classe de trafic poids lourd 51

Figure VIII-3 Les classes de sol-supports..... 52

Figure VIII-4 Epaisseur du matériau de couche de forme..... 52

Figure VIII-5 *: Zone climatique.* 53

Figure VIII-6 : Types de structures. 53

Figure VIII-7 Fiche structure pour le (RP1) Grave bitume /Grave bitume 54

Figure VIII-8 Mode de fonctionnement de la structure. 55

Figure VIII-9 Valeurs du coefficient d'agressivité A. 56

Figure VIII-10 Caractéristiques des matériaux enrobés. 57

Figure VIII-11 La température équivalente. 58
Figure VIII-12 Le risque du projet 58
Figure VIII-13 Capture d'écran Alizé III 59
Figure IX-1: Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper. 63
Figure IX-2 Buse 66
Figure IX-3 Dalot 68
Figure IX-4 Fossé 72
Figure IX-5 : dimensions du fossé 73
Figure X-1 longueur de décélération 76
Figure X-2 longueur d'accélération 77
Figure X-3 Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute 79
Figure X-4: Règle de visibilité sur une sortie d'autoroute 79
Figure X-5: tracé en plan de l'échangeur EAO – CHERCHELL type trompette. 80
Figure XII-1: les marquages longitudinaux 83
Figure XII-2 : marques sur voie d'accélération 84
Figure XII-3 : marques sur voie de décélération 84
Figure XII-4 : Flèches de sélection. 84
Figure XII-5 : Flèche de rabattement. 85
Figure XII-6 : Paramètres de l'implantation des luminaires 88
Figure XIII-1 Oued Djer 92
Figure XIII-2 pollution d'Oued Djer 92
Figure XIII-3 Déviation d'oued Djer 93
Figure XIII-4 : clôtures anti-intrusion 95
Figure XIII-5 : Vue aérienne des terrains agricoles traversés par le tracé. 96
Figure XIII-6 : Schéma illustratif de la butte de terre Antibruit. 98
Figure XIII-7 : Coupe transversale d'un merlon végétalisé. 98

Liste des tableaux

Tableau III-5 Résultats de calcul 15

Tableau IV-1 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL 2015) 18

Tableau IV-2 Les données de l'axe à calculer 19

Tableau IV-3 Valeurs limites des paramètres du profil en long 22

Tableau IV-4 Tableau de comparaison 25

Tableau IV-5 Profil en travers type proposé 26

Tableau VI-1 Résultats des puits de reconnaissance 29

Tableau VI-2 Résultats des sondages carottés 30

Tableau VII-1 Caractéristiques du déblai du PK 34+875 à 35+500 42

Tableau VII-2 : *Caractéristiques du remblai du PK 33+650 à 33+952* 45

Tableau VIII-4 Réseaux principaux 50

Tableau VIII-5 Structure choisie de la chaussée. 54

Tableau IX-1 : Valeurs du coefficient de ruissellement 62

Tableau IX-2 Caractéristiques des bassins versants 64

Tableau IX-3 coefficients de montana 65

Tableau IX-4 Résultats de calcul des débits 65

Tableau IX-5 : Vérification des conditions d'autocurage 67

Tableau IX-6 : Les ouvrages proposés 67

Tableau IX-7 : Les ouvrages proposés 70

Tableau IX-8 : Les caractéristiques des sous bassins versants concernées 71

Tableau IX-9 : Le débit équivaut des bassins versants 72

Tableau X-1Valeurs limites des rayons de tracé en plan 75

Tableau X-2 : valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL échangeur 2013). 77

Tableau X-3 : largeurs des composantes du profil en travers (ICTAAL échangeur2013). 78

Tableau X-4 : variation des dévers en fonction des rayons (ICTAAL échangeur2013). .. 78

Tableau XI-1 : Représentation et emplacement des ouvrages d'art 81

Tableau XI-2 : Les ouvrages d'art au niveau du tracé 82

Tableau XII-3 types de marquages longitudinaux 83

Tableau XIII-1 : Oued à dévier 93

Table des matières

I. Recherche bibliographique sur la stabilité des talus 1
I.1 Introduction 1
I.2 Causes d'instabilité des talus 1
I.3 Modes de rupture des pentes (Description des principaux types des mouvements) 1
I.4 Calcul de la stabilité 5
I.5 Techniques de confortement des pentes instables 6
I.6 Conclusion 6
II. Présentation du projet 7
II.1 Présentation de la wilaya de Tipaza 7
II.1.1 Situation géographique 7
II.1.2 Relief 7
II.1.3 Hydrographie 7
II.1.4 Climat 8
II.1.5 Sismicité : 8
II.2 Présentation du port d'El Hamdania 8
II.3 Définition et situation du projet 9
II.4 Le tronçon concerné par l'étude 9
II.5 Objectifs du projet 10
III. Etude de trafic 11
III.1 Introduction 11
III.2 Les données de trafic 11
III.3 Calcul de la capacité 11
III.3.1 Calcul de TJMA à l'année horizon 11
III.3.2 Calcul des trafics effectifs 12
III.3.3 Débit de pointe horaire normale 13
III.3.4 Débit horaire admissible 14
III.3.5 Calcul du nombre des voies 14
III.3.6 Calcul de l'année de saturation 15
III.4 Conclusion 16
IV. Etude géométrique 17

IV.1 INTRODUCTION 17
IV.2 Tracé en plan 17
IV.2.1 Définition 17
IV.2.2 Description du tracé 18
IV.2.3 Calcul d'axe 19
IV.3 Profil en long 22
IV.3.1 Définition 22
IV.3.2 Valeurs limites des paramètres du profil en long 22
IV.3.3 Exemple de calcul manuel du profil en long 23
IV.4 Profils en travers 25
IV.5 Application au projet 25
V. Cubature 27
V.1 Introduction 27
V.2 Calcul des cubatures de terrassement 27
V.3 Conclusion 27
VI. Etude géotechnique 28
VI.1 Introduction 28
VI.2 Moyens de la reconnaissance 28
VI.2.1 L'étude des archives et documents existants 28
VI.2.2 Essais in situ 28
Synthèse de la description lithologique : 32
VI.2.3 Essais de laboratoire 33
VI.2.4 Conclusion 40
VII. Stabilité des talus 41
VII.1 Introduction 41
VII.2 Analyse de la stabilité 41
VII.2.1 Analyse de la stabilité du déblai 42
VII.2.2 Analyse de la stabilité du remblai 45
VII.2.3 Conclusion 48
VII.2.4 Recommandations 48
VIII. Dimensionnement de corps de chaussée 49
VIII.1 Introduction 49

VIII.2 La méthode de dimensionnement (méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) 49
IX. Assainissement 60
IX.1 Introduction 60
IX.2 Objectifs de l'assainissement routier 60
IX.3 Dimensionnement de réseau d'assainissement 60
IX.4 Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet : 63
IX.4.1 Caractéristiques des bassins versants : 63
IX.4.2 Dimensionnement des buses (ouvrage transversal) 66
IX.4.3 Dimensionnement des dalots (ouvrage transversal) 68
IX.4.4 Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet (ouvrage longitudinal): 70
X. Echangeur 74
X.1 Introduction 74
X.2 Rôle d'un échangeur 74
X.3 Constituants d'un échangeur 74
X.4 Types d'échangeur 74
X.4.1 Echangeur majeur 74
X.4.2 Echangeur mineur 75
X.5 Caractéristique géométrique des bretelles 75
X.5.1 Tracé en plan 75
X.5.2 Profil en long 77
X.5.3 Profil en travers 77
X.5.4 Pente transversale 78
X.5.5 Visibilité 78
X.6 Application du projet 80
XI. Ouvrage d'art 81
XI.1 Introduction 81
XI.2 Gabarit à réserver 81
XI.3 Description des ouvrages à réaliser 81
XII. Signalisation et Eclairage 83
XII.1 Signalisation 83

XII.1.1 Introduction 83
XII.1.2 Application au projet 83
XII.2 Eclairage 87
XII.2.1 Introduction 87
XII.2.2 Catégorie d'éclairage 87
XII.2.3 Paramètres de l'implantation des luminaires 88
XII.2.4 Application au projet 88
XIII. Eude d'impact sur l'environnement 89
XIII.1 Introduction 89
XIII.2 Cadre juridique 89
XIII.3 Objectifs 89
XIII.4 Méthodologie de l'étude 90
XIII.5 Analyse de l'état initial de la zone d'étude 90
Relief et topographie : 90
Climat : 90
Hydrologie : 91
XIII.6 Identification des impacts du projet 91
XIII.6.1 Impacts positifs 91
XIII.6.2 Impacts négatifs 91
Impact sur le paysage 99
XIII.7 Conclusion 99
XIV. Devis quantitatif et estimatif 100

Introduction générale

Le secteur du transport est un secteur stratégique sur les plans économique et social, il sert au développement national ; Un bon aménagement de ce secteur permet de faciliter la communication et les échanges de toute forme entre les différentes zones du pays, ainsi qu'entre divers pays.

En Algérie et dans la plupart des pays, l'infrastructure routière occupe une place prédominante dans le système de transports, il représente un fort facteur de cohésion au niveau communautaire, mais la problématique à la base de tout projet routier est née de l'insuffisance des réseaux existants ou de leur saturation.

L'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics propose à ses élèves ingénieurs l'élaboration des Projets de Fin d'Etudes (PFE) pour compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation en les appliquant sur un projet réel.

Dans ce contexte, ce Projet de Fin d'Etudes a été proposé par l'ADA (Algérienne des Autoroutes) qui nous a confiés l'étude en APD d'un tronçon autoroutier sur 12 km de la pénétrante reliant le port centre de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest (El Affroune) du PK 27+000 à PK 39+000 avec conception d'un échangeur.

Chapitre I :
Recherche bibliographique sur la stabilité des talus

I. Recherche bibliographique sur la stabilité des talus

I.1 Introduction

Les problèmes de stabilité des pentes se rencontrent dans les projets de la construction des routes, des canaux, des digues et des barrages. Lorsque les talus ou les pentes ont une grande hauteur, l'instabilité présente un risque élevé, les désordres engendrés par la rupture des pentes sont généralement destructifs et parfois meurtriers. La stabilité des pentes intéresse aussi bien les pentes naturelles que les talus créés par l'homme.

I.2 Causes d'instabilité des talus

Les principales causes d'instabilité des pentes sont liées à :

Naturelle

- Des modifications des conditions hydrauliques (apparition d'un écoulement : eaux pluviales, fonte de neige, eaux de ruissellement, modification des conditions de drainage) qui peuvent saturer le sol en eau, réduire sa cohésion et augmenter les risques de glissements de terrain.

-Les vibrations causées par des séismes

-Une diminution des résistances du sol, le cas le plus fréquent est la diminution de l'angle de frottement interne des argiles sous l'effet de l'eau. Dans quelques rares cas, cette dernière est vaporisée, son effet est alors multiplié.

-Les altérations à long terme des caractéristiques mécaniques du sol, entraînant une perte de résistance due aux remaniements.

- Phénomènes climatique (exemple : cycles de gel-dégel)

Anthropique

-L'application de charges supplémentaires sur la pente (exemple : fondation des ouvrages)

- Les modifications du profil de la pente, comme la construction d'une route ou l'installation d'un mur de soutènement.

-Une diminution des appuis en pied de pente (suppression d'une butée stabilisatrice).

I.3 Modes de rupture des pentes (Description des principaux types des mouvements)

Dans le cas d'un talus non stable, il peut se produire des mouvements de terrain ou rupture de talus. On cite les déférents types des mouvements suivants :

a) Les écroulements et chutes de pierres

Les écroulements sont des chutes soudaines des masses rocheuses importante occasionnées généralement par des fissures préexistantes, représentées par l'effondrement d'un plan de falaise vertical formant au pied du versant une masse de matériaux grossiers pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres. Les terrains donnant lieu à des écroulements sont exclusivement les roches massives.

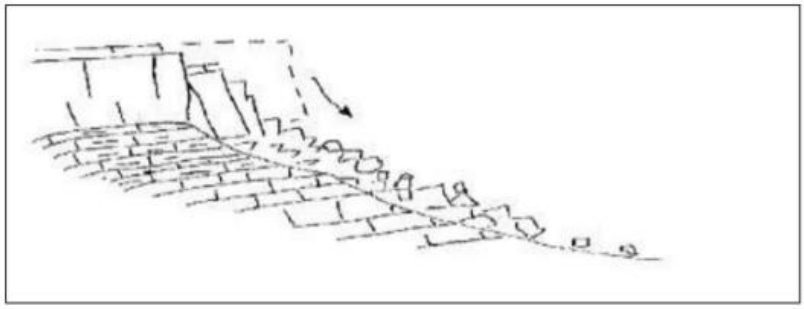


Figure I-1Chute de pierres

b) Les glissements

Les glissements affectent les matériaux meubles et les massifs rocheux fracturés et altérés. Les mouvements sont beaucoup plus lents que les écroulements. Ils se manifestent par le déplacement d'une masse de matériaux le long d'une (ou plusieurs) surface(s) de glissement. La forme de celle-ci dépend en partie de la structure géologique du site.

b.1.) Glissement plan

Le mouvement est une translation sur un plan incliné prolongé vers le haut par une fissure de traction ; la ligne de rupture suit une couche de mauvaises caractéristiques.

Ce type de glissement se présente dans les argiles surmontées par des sols perméables qui laisse l'eau s'infiltrer jusqu' à atteindre l'argile et déclenche le glissement.

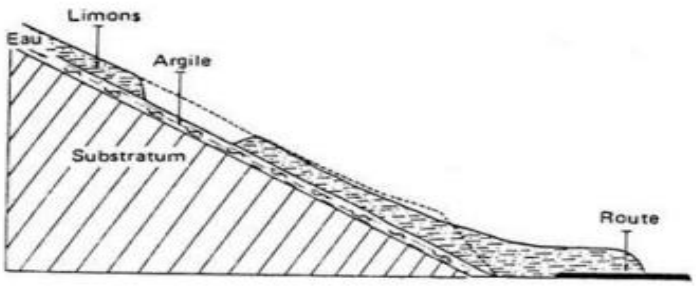


Figure I-2 Glissement plan

b.2.) Glissement rotationnel simple.

Ce type de glissement est fréquent sa surface de rupture a une forme simple et peut être assimilée à un cercle. Leur étude fait appel aux méthodes d'analyses classiques de la mécanique des sols

Ils peuvent être superficiels ou profond :

- Les glissements superficiels sont les glissements de crête et le glissement de pied.

- les glissements profonds intéressent surtout les remblais sur sol mou ou le cercle de rupture tangent au substratum lorsque ce dernier est trop profond.

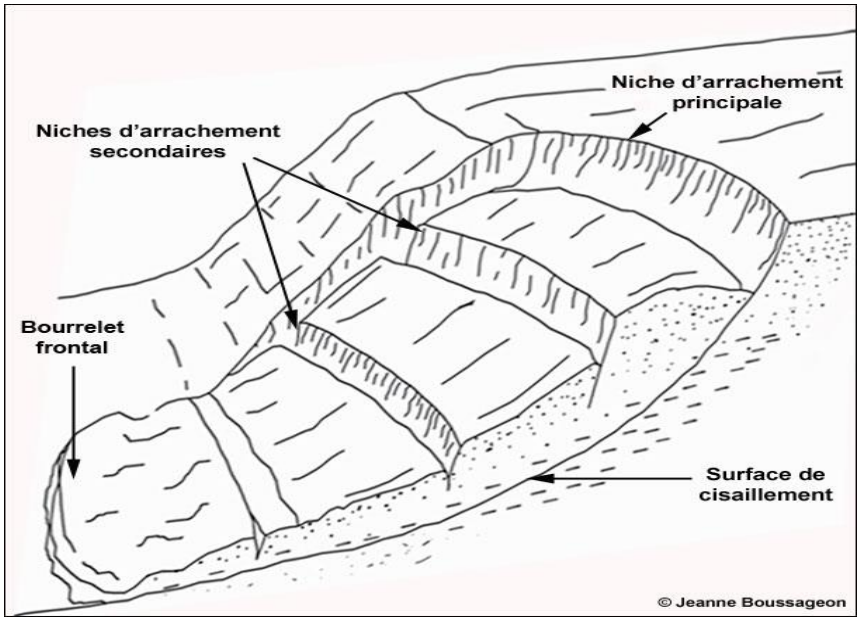


Figure I-3 Glissement rotationnel simple

b.3.) Glissement rotationnel complexe.

Il s'agit de glissement multiple (emboités), les uns dans les autres dus à la suppression de la butée provoqué par le glissement précédent, ce qui entraine ainsi les glissements successifs.

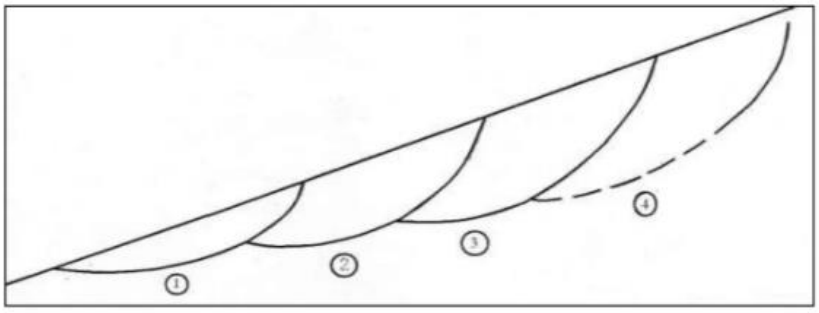


Figure I-4 Glissement successifs emboites

c) Fluage et solifluxion

-Le fluage correspond à des mouvements lents à une vitesse faible dus à des sollicitations atteignant le domaine plastique qui sont de ce fait proches à la rupture. L'état ultime peut être soit la stabilisation, soit la rupture.

-Solifluxion : la solifluxion est un cas particulier du fluage, il s'agit d'un phénomène superficiel dû aux variations volumiques du sol au cours des saisons (gel et dégel).

d) Les coulées boueuses

Les coulées constituent des mouvements de terrain qui s'assimilent largement autant à des problèmes de transport de matériaux par l'eau, qu'a des problèmes de glissement. Le mouvement de la coulée est analogue à celui d'un fluide visqueux, il concerne les matériaux meubles généralement saturés. Elles se produisent essentiellement en montages.

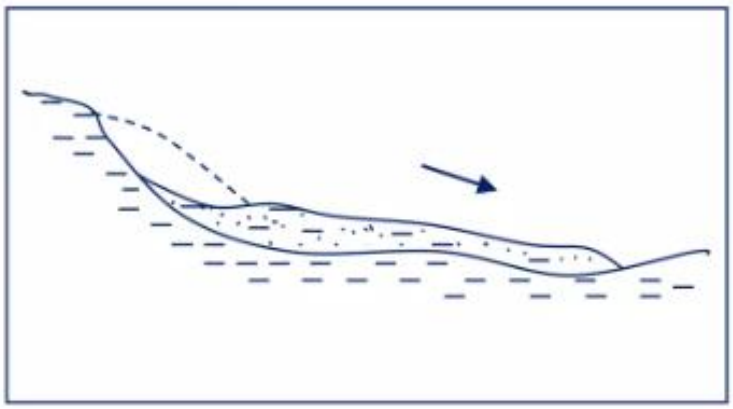


Figure I-5 Coulée boueuse

e) Talus en déblai et talus en remblai

Les ruptures ont, d'une façon générale, l'allure de glissements rotationnels circulaires.

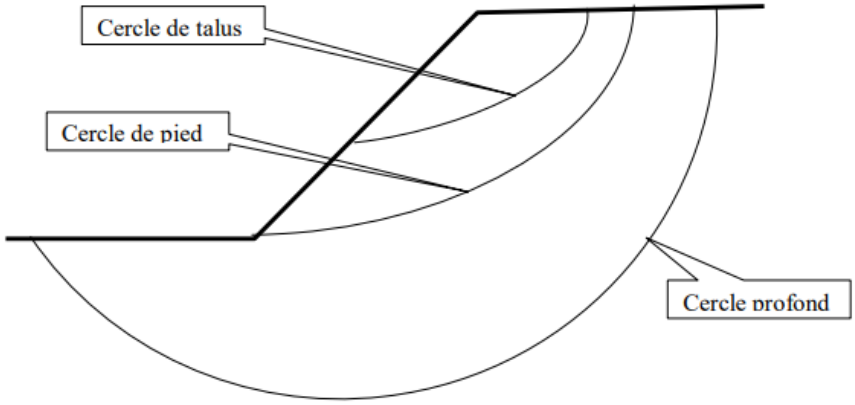


Figure I-6 Différents types de rupture circulaire des talus

I.4 Calcul de la stabilité

L'analyse de la stabilité des pentes s'effectue habituellement à la rupture à l'aide des différentes méthodes (calculs à l'aide d'abaques, calculs automatiques à l'aide de logiciels), Ces méthode donne par l'intermédiaire du coefficient de sécurité une idée de l'état d'équilibre de la pente étudiée par rapport à l'équilibre limite.

L'expression du coefficient de sécurité est différente selon qu'il s'agit d'une rupture plane, circulaire ou quelconque. Dans tous les cas, les calculs de stabilité s'effectuent en contraintes totales à court terme et/ou en contraintes effectives à long terme.

Le degré de précision des calculs dépendra toutefois de la qualité de détermination des paramètres de cisaillement, mais aussi des moyens de calculs mis en œuvre.

Pour évaluer la stabilité des talus par une méthode à l'équilibre limite, il existe des méthodes linéaires et non linéaires.

Les méthodes linéaires sont des méthodes directes de calcul de FS, on détermine les forces motrices et les forces stabilisatrices à la fin on calcule le coefficient de sécurité par la formule suivante :

$$fs = \frac{force\ stabilisatrice}{force\ motrice}$$

Tq :

• FS =1 : équilibre limite ;

• FS >1 : équilibre stable ;

• FS <1 : équilibre instable

I.5 Techniques de confortement des pentes instables

Les dispositifs utilisés pour le confortement des pentes instables sont nombreux, on cite :

- Modification de la pente du talus ou réduction de sa hauteur.
- Rabattement et drainage de la nappe.
- La recharge en pied du talus (berges).
- Le soutènement par des murs en gabions ou en béton armé ou à l'aide de palplanches métalliques.
- L'utilisation des banquettes en béton projeté ancrées dans le sol
- La technique de la terre armée qu'est utilisée pour renforcer et stabiliser les pentes et les talus. Elle consiste à utiliser des éléments structurels tels que des armatures métalliques, des géogrilles ou des géotextiles intégrés dans le sol pour augmenter sa capacité portante.
- Systèmes de clouage qui consiste à insérer des barres ou des tiges d'acier dans le sol du talus, généralement inclinées vers l'arrière. Cela renforce le sol en créant des forces de traction et en augmentant sa capacité portante.

Ces techniques peuvent être utilisées individuellement ou en combinaison en fonction des conditions spécifiques du site et des exigences du projet pour assurer la stabilité et la sécurité des talus.

Le choix de l'une de ces solutions dépend de :

- La nature du talus à conforter (versant naturel ou artificiel).
- Sa géométrie (pendage, angle d'inclinaison, hauteur …).
- Le massif de terrain constitutif (sol meuble ou compact).
- Il dépend aussi de la facilité de sa mise en œuvre et du cout de la solution.

I.6 Conclusion

La stabilité des talus est influencée par une combinaison de facteurs géologiques, géotechniques, hydrologiques et environnementaux. Il est essentiel de comprendre et d'évaluer ces facteurs pour prendre des mesures appropriées afin de prévenir les instabilités et de renforcer les talus lorsque cela est nécessaire.

Chapitre II :
Présentation du projet

II. Présentation du projet

II.1 Présentation de la wilaya de Tipaza

II.1.1 Situation géographique

La wilaya de Tipaza est une wilaya algérienne située à 68 km à l'ouest de la capitale Alger.

Elle se situe au nord du Tell central. Elle est limitée géographiquement par :

- La mer Méditerranée au nord ;
- La wilaya d'Alger à l'est ;
- La wilaya de Blida au sud-est ;
- La wilaya d'Aïn Defla au sud ;
- La wilaya de Chlef à l'ouest

II.1.2 Relief

Le territoire de la wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1 707 km^2 qui se répartit en :

- montagnes : 336 km^2 ;
- collines et piémonts : 577 km^2 ;
- plaines : 611 km^2 ;
- autres : 183 km^2.

Le contexte naturel de la Wilaya de Tipaza est caractérisé par trois grandes unités morphologiques. Il s'agit de :

- la chaine de montagnes comprenant l'Atlas blidéen laisse la place à deux importants ensembles :

- Les monts du Dahra et du Zaccar ;
- Le mont du Chenoua.

-La plaine de Mitidja : s'étend essentiellement sur la wilaya de Blida et se trouve limitée au niveau de la wilaya de Tipasa par le bourrelet constitué par le Sahel (Altitude Moyenne 230 m).

-Sahel : un cordon littoral présente un rétrécissement et une élévation graduelle d'Est en Ouest de la wilaya.

II.1.3 Hydrographie

La climatologie de la zone d'étude lui confère un réseau hydrographique constitué de plusieurs courts d'eau permanents ou temporaires qui sont nés dans l'atlas Blédien et le djebel Zaccar. Ils traversent la plaine du sud vers le nord aussi directement que possible pour enfin aboutir à la mer.

La zone d'étude est traversée par trois bassins versants à savoir :

- ✓ Bassin versant d'oued El Hachem : Il représente le plus grand bassin versant dans la zone d'étude avec un écoulement moyen de 44 Hm^3/an ;
- ✓ Bassin versant d'oued Nador avec un écoulement moyen de 36Hm^3/an ;
- ✓ Sous bassin versant d'oued Djer

II.1.4 Climat

Le climat de la région est subhumide : un été chaud et un hiver doux dans la partie nord (côté mer) et froid dans la partie sud (côté montagneux).

Les températures varient entre 33 °C pour les mois chauds de l'été (juillet, août), à 5,7 °C pour les mois les plus froids (décembre à février).

Les précipitations moyennes enregistrées par la station de Merad font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 600 mm durant la période 1978-2004.

II.1.5 Sismicité :

Selon la carte sismique de l'Algérie, Tipaza est classée comme une zone de sismicité élevée (Zone 3).

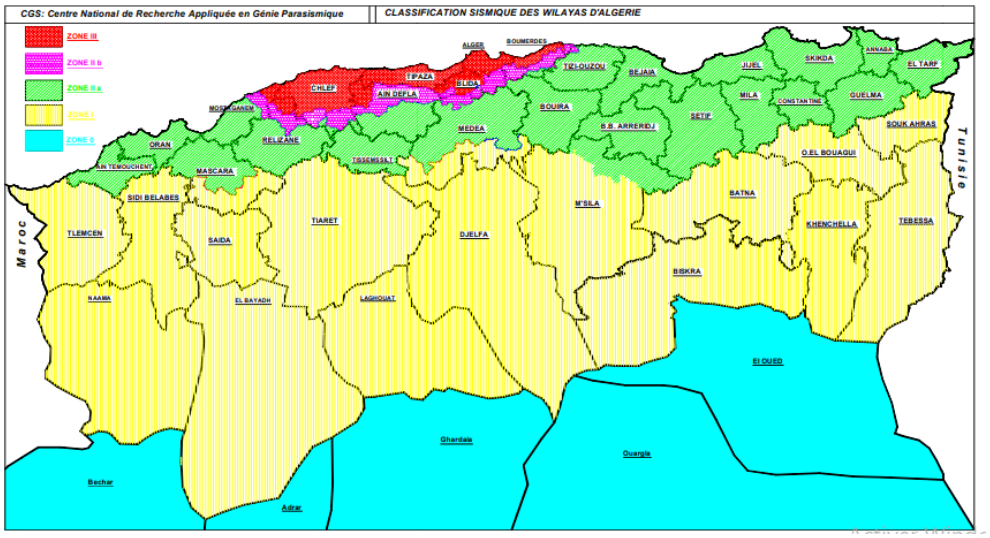


Figure II-1 Carte de zonage sismique en Algérie

II.2 Présentation du port d'El Hamdania

Le Port d'El Hamdania est un projet de port en eau profonde en Algérie qui sera construit à Cherchell dans la wilaya de Tipaza. Lancé en 2015, le projet a été reporté après que les études de réalisation ont été jugées insuffisantes. Le projet a été relancé en 2020 par les autorités algériennes.



Figure II-2 : Port de Cherchell

Le port sera relié au réseau routier algérien, notamment l'autoroute Est-Ouest ainsi qu'au réseau ferroviaire. Dans ce cadre, une pénétrante d'environ 40 kilomètres reliant le port à l'autoroute Est-Ouest au niveau d'El Affroun, ainsi qu'une double voie ferrée électrifiée de 48 km entre le port et la gare d'El-Affroun seront engagés. Le port, qui deviendra le plus grand d'Algérie, disposera de 23 quais d'une capacité de traitement de 6,5 millions de conteneurs et 25,7 millions de tonnes de marchandises par an, il sera destiné au commerce national maritime, tout en étant un axe d'échanges au niveau régional notamment vers l'Afrique subsaharienne . Son coût de réalisation est estimé entre 5 et 6 milliards dollars US.

II.3 Définition et situation du projet

Ce projet se trouve entre deux Wilayas, Tipaza et Blida. Il va reliée le port d'El Hamdania à l'autoroute Est-Ouest au niveau d'Affroun. La longueur totale du projet est environ de 37 Km. Il est considéré comme un projet très important car il facilite les différentes activités économique, commercial et social de la région et la demande croissante du transport de la marchandise qui travers cette région, ce projet va jouer un rôle très important dans le développement durable du pays. Il est sous la responsabilité de l'entreprise Algérienne des autoroutes ADA.

II.4 Le tronçon concerné par l'étude

Ce projet consiste à étudier l'APD de la réalisation de cette pénétrante autoroutière sur un linéaire de 12 km ; du PK 27 au PK 39 avec la conception d'un échangeur approprié qui relie la pénétrante à l'autoroute est-ouest au niveau d'Affroun situé à Blida.



Figure II-3 Tracé du projet à vol d'oiseau

II.5 Objectifs du projet

Ce projet a comme objectifs :

- L'objectif principal est d'assurer la liaison entre le port est l'autoroute Est-Ouest.
- Permettre la circulation des poids lourds entre le port et l'autoroute Est-Ouest facilement avec diminution du temps et du coût.
- Il va jouer un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, il va favoriser l'implantation des activités économique et industrielle, donc un impact direct sur le développement du pays.

Chapitre III :
Etude de trafic

III. Etude de trafic

III.1 Introduction

L'étude de trafic est indispensable pour chaque projet routier, elle permettra de déterminer le nombre de voies, l'épaisseur du corps de chaussée et le type d'échanges. Le calcul du trafic se fait on se référant aux données actuelles du présent en utilisant plusieurs paramètres (TJMA, trafic de poids lourd, Durée de vie de la route...) pour pouvoir déterminer le nombre de voies nécessaire, afin d'assurer la fluidité de la route et éviter le phénomène de congestion, avec la prise en compte de l'accroissement du trafic tout le long de sa durée de vie prévue.

III.2 Les données de trafic

D'après les différentes études de comptage du trafic récemment effectuées (l'année 2022), les données de trafic sont présentées comme suit :

1. Le trafic à l'année 2022 : **TJMA2022 = 6500 v/j/sens.**
2. Le taux d'accroissement annuel du trafic : **τ = 4%.**

Le pourcentage de poids lourds : **PL= Z = 98 %**

3. L'année de mise en service : **2025.**
4. durée de vie de la route : **20 ans.**
5. Environnement de la route. **(E2).**
6. Catégorie **(C1).**
7. **P=4**

III.3 Calcul de la capacité

Définition de la capacité

La capacité de la route est le nombre maximal des véhicules qui peuvent passer raisonnablement sur une section donnée d'une voie dans une direction ou deux directions avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période bien déterminée, elle s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.3.1 Calcul de TJMA à l'année horizon

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

$$TJMAh = TJMA0\ (1 + \tau)^n$$

• TJMAh : le trafic à l'année horizon

• TJMA0 : le trafic à l'année de référence « année de comptage ».

• n : nombre d'année.

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

Dans ce projet

Pour le trafic à l'année 2022 :

$$TJMA2022 = 6500 \text{ v/j/sens}$$

Projection future de trafic :

•Trafic à l'année de mise en service :

$$TJMA2022 = 6500 \text{v/j/sens.}$$

$$TJMA2025 = 6500 \times (1 + 0.04)^3$$

$$TJMA2025 = 7311 \text{ v/j/sens.}$$

Donc :

TJMA2025 = 7311 v/j/sens

•Trafic à l'année horizon

Trafic à l'année horizon (2045) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TJMA2045 = (1 + \tau)^n \times TJMA2025$$

$$TJMA2045 = (1 + 0.04)^{20} \times 7311$$

$$TJMA2045 = 16019 \text{ v/j/sens.}$$

Donc :

TJMA2045 = 16019 v/j/sens

III.3.2 Calcul des trafics effectifs

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

La formule pour exprimer le trafic effectif est :

$$Teff = [(1 – Z) + PZ]. TJMAh$$

- Teff : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z: pourcentage de poids lourds (%).
- P: coefficient d'équivalence.

Dans notre projet

P=4 car on a une route à bonne caractéristique et E2. (**P** = 4 valeur minimum pour e2)

Z : pourcentage de poids lourds (98%)

$$Teff\ (2045) = [(1- 0.98) + (4\times0.98)] \times 16019$$

$$Teff\ (2045) = 63114\ uvp/j/sens$$

Donc :

Teff (2045) =63114 uvp/j/sens

III.3.3 Débit de pointe horaire normale

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il et exprimé en uvp/h, il est donné par la relation :

$$Q= (1 /n) .Teff$$

Avec :

• 1/n=0.12 (n: généralement 8 heures)

• Q: débit de pointe horaire

• n: nombre d'heure.

Dans notre projet :

$$Q= (1/n)\ Teff= 0{,}12 \times 63114= 7573\ uvp/h$$

Donc :

Q= 7573 uvp/h/sens

III.3.4 Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est donné par la formule :

$$Qadm = K1.K2.\ Cth$$

Avec :

• K1 : coefficient lié à l'environnement.

• K2 : coefficient de réduction de capacité.

•Cth : capacité théorique par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable (pour une chaussée séparée C=1800 UVP/h).

Dans notre projet et d'âpres les tableaux, on utilise les valeurs suivantes

K1 : coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E2.

K2 : coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C1).

Cth= 1800uvp/h.

$$Qadm = 0.99 \times 0.85 \times 1800 = 1515\ uvp/h.$$

Qadm =1515 uvp/h/sens

III.3.5 Calcul du nombre des voies

Notre projet est une pénétrante donc on a une chaussée unidirectionnelle

Pour déterminer le nombre de voie par chaussée, on prend le nombre le plus proche du rapport :

$N = \frac{S \cdot Q}{Q\ adm}$ Avec :

• N : Nombre de voies de la chaussée : le nombre entier le plus proche du rapport.

• S : coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en général égal à 2/3.

• Q adm : débit admissible par voie

Dans notre projet :

$$N = (\frac{2}{3}) \times (\frac{Q}{Qadm})$$

$$N = (\frac{2}{3}) \times (\frac{7573}{1515}) = 3{,}33$$

On prend :

(n= 3 voies /sens)

Donc : la route est de (3 × 2 voies)

Tableau III-1 Résultats de calcul

TJMA (2025) Véh/j/sens	**TJMA (2045) Véh/j/sens**	**Teff uvp/j/sens**	**Q (uvp/h/sens)**	**Qadm (uvp/h/sens)**	**N° des Voies Par sens**
7311	16019	63114	7573	1515	3

III.3.6 Calcul de l'année de saturation

Teff2025= [(1 – 0, 98) + 4 × 0, 98]. 7311= 28805 (uvp/j/sens)

Q2025 =0,12*Teff = 3456 (uvp/h/sens)

On a : Qsaturation = 6 × Qadm

Et Qadm = 1515 uvp/h /sens

Donc : Qsaturation =6×1515= 9090 **uvp/h/sens**

D'autre part :

Qsaturation = $(1 + \tau)^n \times Q_{2025}$ Tel que : Q_{2025}=3456 **uvp /h/sens**

$(1 + \tau)^n \times Q_{2025} = Q_{sat}$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q_{2025}}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{9090}{3456}\right)}{\ln(1+0{,}04)} \approx 24{,}66 \text{ ans. Donc n= 24 ans}$$

D’où l’année de saturation est égale à : 2025+n= 2025+24 = 2049

III.4 Conclusion

Après le calcul du trafic, la pénétrante sera donc unidirectionnelle de 3 voies par sens 3x2 voies avec une largeur 3,5 m pour chaque voie.

Chapitre IV :
Etude géométrique

IV. Etude géométrique

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 adéquate à la configuration du terrain.

La qualification géométrique d'une route peut être définie comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable. La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique en prenant en compte les multiples facteurs humains (capacités physiques et psychologiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.)

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

- Tracé de son axe en situation ou en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers.

Ce chapitre est pour le but de présenter les critères géométriques appliqués lors de la conception du tracé de la pénétrante autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest. Tous ces critères sont principalement les normes de l'ICTAAL (L2)

IV.2 Tracé en plan

IV.2.1 Définition

Le tracé en plan d'une route est la projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, ce plan est en générale une carte topographique ou une image satellitaire ou un plan de situation ou une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau.

Cette projection est une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on détermine les caractéristiques géométriques et il doit respecter certains critères pour assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et sécuritaire.

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

Vitesse de base (Km/h)	110	Dévers (%)
Rayon minimal Rmin (m)	400	7
Rayon non déversé Rnd	650	2.5
Rayon minimal sans courbe de transition	975	-2.5

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

IV.2.2 Description du tracé

Le projet prend origine au niveau de l'entrée principale du port centre de Cherchell,

Le tracé de ce projet (du PK 27 au PK 39) sera mené sur une distance de 12 Km , le tracé passe parallèlement à la route nationale N°42 de son côté Nord dans un relief quasiment plat empiétant des terrains agricoles à fort rendement (la plaine de Mitidja) dont la traversée des périmètres irrigués est inévitable et ceci jusqu'à la ville d' Ahmer El Ain, l'endroit où le tracé vire vers le Sud au niveau du PK 30 en la contournant pour traverser un relief relativement difficile sur un linéaire de 06 km pour se raccorder enfin à l'autoroute est-ouest au niveau de d'Affroun situé à Blida en projetant un échangeur.

Nature des terrains traversés par le projet :

- ✓ Terrains vallonnés.
- ✓ Zones montagneuses.
- ✓ Terres agricoles

Les principaux axes croisés :

Le tracé croise l'axe routier :

- ✓ La RN42 au PK 31+800,
- ✓ Chemin vicinal au PK 37+175

Le tracé croise le chemin de fer :

- ✓ Voie ferrée opérationnelle Alger-Boumadfaa au PK 38+725
- ✓ Voie ferrée à projeter d'El Affroun au PK 38+800

Les oueds traversés par le projet :

- ✓ Oued Djer qui est traversé à plusieurs reprises au niveau de l'échangeur avec l'autoroute est/ouest à la fin du projet

IV.2.3 Calcul d'axe

À partir du levé topographique :

La longueur totale de l'axe est 12251.5483 **m**

Du point de vue géométrique, (Il faut bien respecter les normes de conception concernant les longueurs maximales et minimales et les différents rayons du tracé en plan).

Le calcul d'axe se fait après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie. Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir des points fixes dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

• Calcul de gisements

• Calcul de l'angle γ entre alignements

• Calcul de la longueur d'arc

• Calcul de la tangente T

• Calcul des coordonnées des points singuliers

• Calcul des coordonnées de centre

Exemple De Calcul D'axe Manuellement :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet :

Tableau IV-2 Les données de l'axe à calculer

Point	X	Y
A	460418,610	4034831,069
S	460634,958	4034772,976
B	460805,847	4034628,138

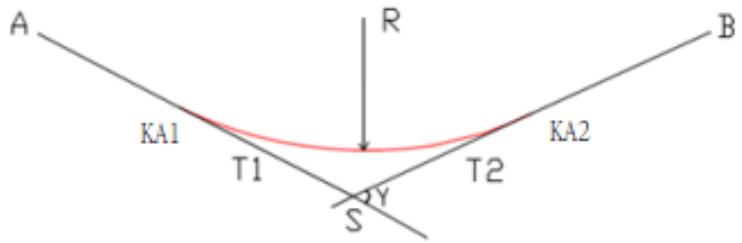


Figure IV-1 Raccordement circulaire entre deux alignements

R = 1000 > 1,5 Rnd = 1,5 x 650 = 975 m → Liaison sans clothoïde

Calcul des gisements :

| Δ X | = | XS -XA | = 216,348 m

| Δ Y | =| YS -YA | = 58,093 m

| Δ X1 | = | XB – XS | = 173,889 m

| Δ Y1 | = | YB – YS |= 144,838 m

S A = $\sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$ = 224,012 m

B S = $\sqrt{(\Delta X1)^2 + (\Delta Y1)^2}$ = 226,308 m

D'ou :

G_A^S= 200- arctg$\frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}$= 116,7 grades

G_S^B = 200- arctg $\left|\frac{\Delta X1}{\Delta Y1}\right|$= 144,7 grades

Calcul de l'angle γ :

$\gamma = \left|G_S^B - G_A^S\right|$= 28,06 grades

Calcul de la longueur d'arc :

$$L = R \cdot \frac{\pi}{200} \cdot \gamma = 1000 \cdot \frac{\pi}{200} \cdot 28{,}06 = 440{,}76\, m$$

Calcul de la tangente :

τ = tan ($\frac{\gamma}{2}$)*R = tan ($\frac{27{,}513}{2}$) *1000 = 219,514 m = 224,021m

Calcul des coordonnées des points singuliers :

K_{A1}:

XK_{A1}=$X_s - \tau \sin(G_A^S)$ = 460634,958- 224,021*sin (116,7) =460418,600 m

YK_{A1}= $Y_s - \tau \sin(G_A^S)$ = 4034772,976-224,021*sin (116,7) =4034831.069 m

K_{A2}:

XK_{A2} =$X_s - \tau \sin(G_S^B)$ = 460634,958-224,021sin (144,7) = 460805.848 m

YK_{A2}=$Y_s - \tau \sin(G_S^B)$= 4034772,976-224,021sin (144,7) = 4034628.139 m

Calcul des coordonnées de centre :

G_{A1}^C=100 +G_{A1}^S avec :G_{A1}^S=G_A^S=116,7 g

G_{A1}^C=100+116,7 =216,7 g

Xc =XK_{A1}+R sin(G_{A1}^C) = 460418,600 +1000 sin (216,7) = 460159.28 m

Yc = YK_{A1}+R cos(G_{A1}^C) = 4034831.069 +1000 cos (216,7) = 4033865.28 m

Remarque : Les calculs d'axe sont établis à l'aide du logiciel AUTOCAD et les résultats sont joints en annexe.

IV.3 Profil en long

IV.3.1 Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci développé et représentée sur un plan à une échelle, Il est composé d'éléments de lignes droites raccordées par des raccordements circulaires ou paraboliques.

IV.3.2 Valeurs limites des paramètres du profil en long

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites suivantes : (D'après l'ICTAAL2015)

Tableau IV-3 Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L2
Déclivité Maximale (%)	6
Déclivité Minimale (%)	0,5
Rayon Minimal en angle saillant (m)	6000
Rayon Minimal en angle rentrant (m)	3000

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel.

Pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et ceux du profil en long en respectant la condition R vertical > 6R horizontal pour éviter un défaut d'inflexion.

IV.3.3 Exemple de calcul manuel du profil en long

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

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

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

Le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donner les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, B.
- Donner La pente P1 de la droite (AS).
- Donner la pente P2 de la droite (SB).
- Donner le rayon R

Cas d'un rayon concave :

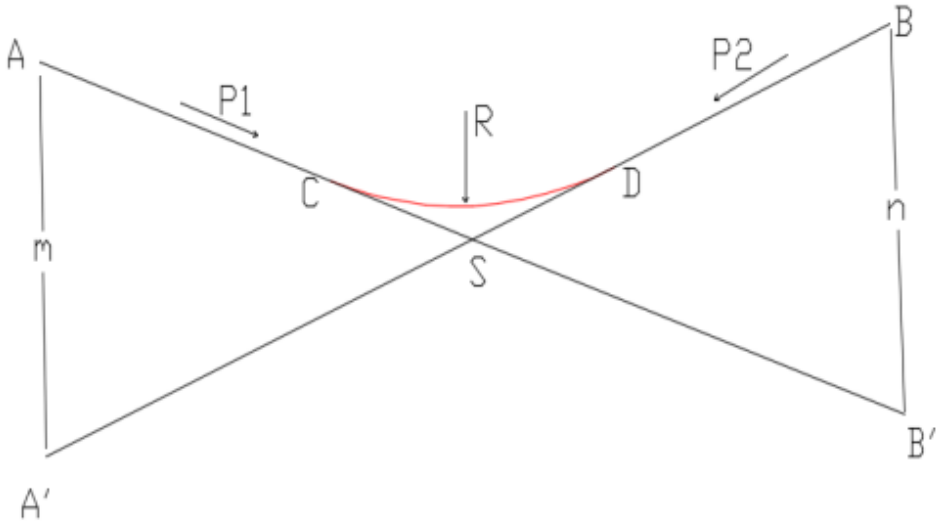


Figure IV-2 schéma illustratif d'un rayon concave

Point	X	Z	R(m)	L(m)
A	35874,946	210,597	12000	458,53
B	36333,476	204,129		
S	36104,211	202,983		

- **Calcul des pentes :**

$P1 = \frac{\Delta Z1}{S1}$ Et $P2 = \frac{\Delta Z2}{S2}$

$P1 = \frac{202,983-210,597}{36104,211-35874,946}$ = -0,0332= -3,32 %

$P2 = \frac{204,129-202,983}{36333,476-36104,211}$= 0,005 = 0,5 %

- **Calcul de la tangente :**

T= R /2 × (|P1 | + |P2 |) = $\frac{12000}{2}(0,0332 + 0,005)$ =229,2 m

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

Le point C :

$Xc = Xs - T$ = 36104,211-229,2 = 35875,011 m

$ZC = Zs + T \times |P1|$= 202,983-229,2 x 0,0332 = 210,59 m

C (35875,011 m ; 210,59 m)

Le point D :

$XD = Xs + T$ =36104,211+229,2 = 36333,411 m

$ZD = Xs + T \times |P2|$=202,983+229,2 X 0,005 = 204,129 m

C (36333,411 m ; 203,829 m)

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

L= 2×T = 2x 229,2 = 458,4 m

- **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(229,2)^2}{2 \cdot 12000} = 2,18886$$

- **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J):**

$X_{j/A} = R \cdot |P1|$= 12000 x 0,0332 =398,4 m

$Z_{j/A} = X_{j/A} \cdot P1 - \frac{(X_{j/A})^2}{2R}$= 398,4 · 0,0332 − $\frac{(398,4)^2}{2 \cdot 12000}$= 6,61344 m

Le point j :

$$Xj = Xc + X_{j/A} = 35875,011 + 398,4 = 36273,411m$$

$$Zj = Zc + Z_{j/A} = 195,7356 + 6,61344 = 202,34904m$$

$$Zj = Zc + Z_{j/A} = 195{,}7356 + 6{,}61344 = 22{,}34904m$$

Tableau IV-4 Tableau de comparaison

Calcul automatique		Calcul manuel
C	Xc = 35874.946 m Zc = 210.597 m	Xc = 35875,011 m Zc = 210,59 m
D	XD= 36333.476 m ZD= 204.129 m	XD= 36333,411 m ZD = 204,129 m
J	Xj= 36273.476 m Zj= 203.979 m	Xj= 36273,476 m Zj= 202,34904 m
L	458.529 m	458,4 m

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatibles avec ceux qui sont tirés du logiciel. (Les résultats de calcul sont joints en ANNEXE)

IV.4 Profils en travers

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Il définit notamment les différents détails du plan perpendiculaire à l'axe de la route tel que :

- Nombre et largeur des voies et leurs dévers.
- Accotement.
- Terre-plein central (TPC).

Il existe deux types de profil en travers : le profil en travers courant et le profil en travers type : le profil en travers type et le profil en travers courant.

IV.5 Application au projet

La section courante du projet est caractérisée par un profil en travers à 3x2 voies.

D'après les normes de l'ICTAAL2000, les dimensions des éléments constituant le profil en travers proposé pour le projet, et leurs pentes transversales sont résumées dans le tableau IV-5 :

Tableau IV-5 Profil en travers type proposé

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 3x2	3,5	6	**21**
Terre-plein centrale (T.P.C)	3	1	**3**
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
- Bande médiane (B.M)	1	1	1
Accotement	4	2	**8**
-Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
- La berme	1	2	2
Totale	**32**		
Dévers en section droite			
Chaussée	2.5% vers l'extérieur		
TPC	Identique à celle de la chaussée		
Accotement	4%		
Dévers en courbe			
Chaussée	7% (maximum)		
TPC	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Identique à celle de la chaussée		

Le profil en travers type est joint en annexe en format A3.

Chapitre V :
Cubature

V. Cubature

V.1 Introduction

Dans chaque projet routier, il est nécessaire de modifier le terrain naturel sur lequel sera implanté le projet, cette modification comporte deux actions : pour la première il s'agit d'ajouter des terres (remblai), et pour la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai).

Pour réaliser les voies de la route, il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel, ce calcul s'appelle les cubatures des terrassements.

Le calcul des cubatures nécessite la connaissance du : profil en long, profil en travers et la distances entre les profils, mais avant de calculer le volume des terres compris dans une butte en déblai, ou dans un remblai, On doit déterminer auparavant les surfaces des différents profils en travers.

V.2 Calcul des cubatures de terrassement

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

•Le volume total des remblais est de : 285.981,6 m^3.

•Le volume total des déblais est de : 2.769.336,7 m^3.

Les résultats du calcul des cubatures sont joints en annexe

V.3 Conclusion

Un volume de 2.566.488,6 m^3 de déblai sera mis en dépôt.

Un volume de 202.848,1 m^3 de déblai est réutilisable en remblai (pour les hauteurs de remblais inférieur à 10 m).

Un volume de 56.133,5 m^3 de matériau TUF est rapporté d'une carrière pour être utilisé comme remblai dans le cas où la hauteur de remblai dépasse les 10 m.

Chapitre VI :
Etude géotechnique

VI. Etude géotechnique

VI.1 Introduction

Dans tout projet routier, Il est indispensable de connaitre les caractéristiques mécaniques et physiques de notre terrain qui va servir d'assise pour la structure de chaussée.

La géotechnique routière est définie comme étant la science qui étudie d'un part les sols sur lesquels reposent la chaussée et d'autre part les matériaux constituants des différentes couches de cette chaussée.

Pour cela, Un programme de reconnaissance géotechnique et une compagne des essais doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, dimensionner la chaussée et les fondations des ouvrages d'art prévus.

VI.2 Moyens de la reconnaissance

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

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

VI.2.1 L'étude des archives et documents existants

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

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

VI.2.2 Essais in situ

Les essais réalisés in situ sont :

- Puits de reconnaissance.
- Sondage carotté.

Résultats et interprétations des essais « in-situ »

- **Les puits de reconnaissance**

Tableau VI-1 Résultats des puits de reconnaissance

Désignation (puits)	PK	Profondeur	Lithologie
PU 1	27+820	0 - 0.35 m	Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.
		0.35 -1 m	Argile marneuse, peu graveleuse avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.
		1 - 3 m	Argile marneuse, très graveleuse, peu sableuse, de couleur beige, renfermant des concrétions calcareuses blanchâtres.
PU 2	31+050	0 - 0.8 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse très graveleuse de couleur brunâtre.
		0.8 - 3 m	Sable limoneux, faiblement argileux, à matrice carbonatée, avec des concrétions blanchâtres.
PU 3	33+725	0 - 0.3 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, très graveleuse, de couleur brunâtre.
		0.3 - 2 m	Argile marneuse, graveleuse de couleur beige à ocre rouge, avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.
		2 – 3 m	Argile marneuse, très graveleuse, peu sableuse, de couleur beige et ocre rouge, renfermant des concrétions calcareuses blanchâtres, très caillouteuse.
PU 4	34+200	0 - 0.2 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, très graveleuse, de couleur brunâtre.
		0.2 -1.8 m	Argile marneuse, sableuse, peu graveleuse de couleur beige, avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.
		1.8 - 3 m	Argile marneuse, très graveleuse, peu sableuse, de couleur beige, renfermant des concrétions calcareuses blanchâtres, très caillouteuse.
PU 5	35+325	0 - 0.3 m	Remblai constitué de débris de brique

		0.3 -0.4 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, très graveleuse, de couleur brunâtre avec des racines d'arbre.
		0.4 -3 m	Argile marneuse, très graveleuse, d'aspect schisteux, de couleur beige, très caillouteuse.
PU 6	36+300	0 - 0.3 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, très graveleuse, de couleur brunâtre.
		0.3 - 3 m	Argile marneuse, graveleuse de couleur beige à ocre rouge, avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.

- **Les sondages carottés :**

Tableau VI-2 Résultats des sondages carottés

Sondage N°	PK	Profondeur	Lithologie
SC 1	30+280	0 – 3 m	Sable limoneux, peu argileux, de couleur beige à jaunâtre, riche en concrétions calcareuse de couleur blanchâtre.
		3 - 15m	Marne argileuse, peu sableuse, peu graveleuse, de couleur beige à Ocre avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.
SC 2	32+080	0 – 1 m	Terre végétale
		1 – 13 m	Alternance entre des niveaux d'argile marneuse caillouteuse et graveleuse d'aspect tufeux et des niveaux d'argiles marneuse peu caillouteuse d'aspect compacte, d'une consistance très ferme à raide, de couleur beige, riche en concrétions de calcaire de couleur blanchâtre.
		13 - 25 m	Marne plus ou moins indurée, récupérée sous forme de fragments centimétrique de

			couleur grise verdâtre, bleuâtre et rougeâtre renferment des taches blanchâtres.
SC 3	32+700	0 – 14 m	Alternance entre des niveaux d'argile marneuse caillouteuse et graveleuse d'aspect tufeux et des niveaux d'argiles marneuses peu caillouteuses d'aspect compacte, d'une consistance très ferme à raide, de couleur jaune beige, riche et concrétion calcaire de couleur blanchâtre.
		14- 40 m	Marne sableuse très graveleuse, plus ou moins indurée par endroit, récupéré sous forme de fragments centimétrique durs entre (30.00- 34.00m) de couleur grise verdâtre, bleuâtre, renferment des taches blanchâtres.
SC 4	34+180	0 - 1 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, peu graveleuse de couleur brune.
		1- 03,5 m	Argile marneuse de couleur brune à beige, légèrement graveleuse, avec des nodules calcareux blanchâtres.
		3,5 - 6 m	Argile marneuse très graveleuse, de couleur beige avec des débris de marne indurée de couleur grise.
		6 - 10 m	Marne argileuse de couleur grisâtre, d'aspect schisteux, avec des traces d'oxydation de couleur ocre rouge
		10- 18,50 m	Marne de couleur grise d'aspect schisteux.
		18,5 -25m	Marne indurée, compacte, très fracturée, de couleur grise avec des remplissages en calcite, et des traces d'oxydations de couleur ocre en rouge.
SC 5	34+500	0- 0,2 m	Terre végétale constituée d'argile marneuse, peu graveleuse de couleur brune.

		0,2 -17 m	Marne argileuse d'aspects schisteux, de couleur beige, grise, violet, avec des taches carbonatées de couleur blanchâtre. À partir de 10.00 m, elle prend l'aspect induré.
		17-36 m	Marne indurée en plaquette de couleur gris beige.
SC 6	35+500	0- 5 m	Marne argileuse d'aspect schisteux, de couleur beige, avec des taches carbonatées de couleur blanchâtre.
		5 -11,5 m	Marne argileuse de couleur beige, intercalée par des bancs centimétriques de calcaire –marneux de couleur grise.
		11,5 – 25 m	Intercalation d'argile marneuse indurée de couleur beige, grise et violet avec des bancs centimétriques de calcaires marneux de couleur grisâtre.
SC 7	36+520	0 - 1 m	Terre végétale de couleur sombre.
		1 - 4.5 m	Argile peu graveleuse, de couleur brunâtre
		4.5 - 5 m	Argile limoneuse, peu caillouteuse, de couleur gris- clair.
		5- 8 m	Limons argileux, gris- clair
		8- 12.7 m	Alluvions de différentes tailles (galets, gravelons et cailloux), cimentés par des sables moyens de couleur bleuâtre à sombre.
		12.7-13 m	Marne d'aspect schisteux, de couleur grise bleuâtre, d'une consistance raide à dur.

Synthèse de la description lithologique :

D'après les coupes des puits de reconnaissances géotechniques et sondages carottés, la couche superficielle correspond en grande partie à une argile marneuse, qui passe par des endroits du sable argilo-marneux à limoneux.

L'ensemble est couvert d'une couche de terre végétale de 0.20 m à 0.80m d'épaisseur.

VI.2.3 Essais de laboratoire

A partir des échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés (APD), les essais de laboratoire suivants ont été réalisés :

- Les essais d'identification des sols :
  - Analyse granulométrique par tamisage et par sédimentation.
  - Limites d'Atterberg.
  - Essai au bleu de méthylène (VBS).
  - Masse volumique des particules solides d'un sol.
  - Teneur en eau naturel.
  - Analyse chimique.
- Les essais mécaniques :
  - Essai CBR.
  - Essai proctor modifié.
  - Essai de cisaillement.
  - Essai de compressibilité à l'œdomètre :

Résultats et interprétations des essais de laboratoire :

✓ **Essais d'identification :**
Les résultats sont résumés dans le tableau VI-3

Tableau VI-3 Résultats des essais d'identification des sols pour les puits de reconnaissance

Puits N°		Pu 1	Pu 2	Pu 3	Pu 4	Pu 5	Pu 6
PK		27+820	31+050	33+725	34+200	35+325	36+300
Profondeur (m)		1 - 3	0.80 -3	1 - 2.10	1.80 - 3	1.50 -3	1.50-3
Nature géologique		Argile marneuse	Sables limoneux	Argile marneuse	Argile marneuse	Argile marneuse	Argile marneuse
Teneur en eau (W%)		-	-	12.90	16.20	9.00	6.66
Granulo-métrie	% des passants à 2 mm	98.28	85.23	75.09	61.20	9.00	6.66
	% des passants à 4 µ	94.91	70.59	62.10	56.61	40.60	56.30
	% des passants à 80 µ	93.59	54.80	53.92	53.56	34.66	55.26
	Interprétation	**Sol fin**	**Sol fin**	**Sol fin**	**Sol fin**	**Sol grenu**	**Sol fin**

VBS		-	0.90	-	1.33	1.50	0.83
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité wL	46.34	51.34	43.17	47.69	-	52.90
	Limite de plascité wp	22.81	33.17	27.50	29.50	-	27.75
	Indice de plasticité IP	23.53	18.17	15.67	18.19	-	25.15
	Interprétation	**Peu plastique**	**Peu plastique**	**Peu plastique**	**Peu plastique**	**-**	**Plastique**
	Indice de consistance Ic	-	-	1.93	1.73	-	1.83
	Interprétation	**-**	**-**	**Sol dur**	**Sol dur**		**Sol dur**

- **Granulométrie**

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance, ont révélé les caractéristiques granulométriques suivantes :

Le tamisat 80 µm est dans la plupart des cas supérieur à 35 %, il varie de 49.08 % à 99.41 %

Il s'agit de sols fins (argile marneuse et sable limono-argileux).

Au niveau du puits PU 5 (PK 35+325), les sols prélevés sont constitués d'argile marneuse et marne argileuse très graveleuses, ont un tamisat 80 µm < 35% : il s'agit de sols grenus.

- **Limites d'Atterberg :**

D'après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple (IP-W_L), il ressort que les sols prospectés, sont peu plastiques, à parfois plastiques, avec des paramètres variant comme suit :

$$31.10 \leq W_L \leq 63.95$$

$$11.13 \leq IP \leq 26.77$$

Tableau VI-4 : Résultats des essais chimiques pour les sondages carottés

Sondage N°	PK	Profondeur (m)	Carbonate (%)	Qualificatif	Anhydride Carbonique CO_2 (%)	Chlorure NaCl (%)	Sulfate $CaSO_4 2H_2O$ (%)
SC 3	32+700	2.40 - 3	12.93	Marne argileuse	5.69	0.29	Traces
		8 - 8.30	17.24	Marne argileuse	7.59	0.58	Traces
		18 - 18.50	8.62	Argile	3.79	0.29	Traces
SC 4	34+180	7.80 - 8.20	30.17	Marne argileuse	13.28	0.29	Traces
SC 5	34+500	16.5 -16.8	25.86	Marne argileuse	11.38	0.35	Traces
SC 6	35+500	13.2 - 13.5	18.97	Marne argileuse	8.35	0.41	Traces

Agressivité

Les résultats obtenus révèlent de faibles teneurs en chlorures et en sulfates (traces), ce qui dénote un environnement faiblement agressif, donc pas de mesures particulières à prendre vis-à-vis du béton.

Teneurs en carbonates

Les teneurs en carbonates sont comprises entre 8.62 et 34.48, elles traduisent dans la plupart des cas, des sols de nature marne argileuse**,** parfois argileuse et marneuse.

- **Les essais mécaniques :**

Tableau VI-5 Résultats des essais mécaniques pour les puits de reconnaissance :

Puits N°	Pu 1	Pu 2	Pu 3	Pu 4	Pu 5	Pu6
PK	27+820	31+050	33+725	34+200	35+325	36+300

Profondeur (m)			1 - 3	0.80 -3	1 - 2.10	1.80 - 3	1.50 -3	1.50-3
Proctor Modifié	γd opm (t/m3)		1.91	1.67	1.93	1.74	1.78	1.75
	w opm (%)		8.50	12.40	12.50	10.0	8.30	13.80
C.B.R imbibé à 4 jours	56 Coups	γd (t/m3)	1.85	1.61	1.93	1.72	1.80	1.74
		ICBR	2.79	5.34	6.74	4.47	3.81	17.44
		Gonflement (%)	6.41	4.10	1.07	1.85	3.61	0.74
	25 Coups	γd (t/m3)	1.66	1.50	1.86	1.64	1.73	1.58
		ICBR	1.27	3.83	4.24	3.49	3.41	11.08
		Gonflement (%)	4.65	3.89	1.17	2.91	3.13	1.04
	10 Coups	γd (t/m3)	1.62	1.42	1.80	1.48	1.64	1.46
		ICBR	0.92	3.13	2.74	2.59	3.25	4.41
		Gonflement (%)	5.02	1.54	1.53	3.26	2.82	4.41
ICBR à 95 % de l'opm			**2.53**	**5.07**	**3.58**	**3.66**	**3.35**	**14.30**
Classe de portance du sol			**S4**	**S3**	**S4**	**S4**	**S4**	**S2**

- **Essais de portance :**

Les valeurs des I_{CBR} à 95% de l'OPM, varient de 02.53 à 14.30, ce qui indique des sols de faible à moyenne portance.

Les classes de portance prédominantes sont de type S4 et S3.

La classe S2 est peu représentative.

Pour le dimensionnement de la structure de chaussée, nous avons adopté la valeur minimale de l'indice CBR égale à 2.53 donc inférieures à 5 (sol de faible portance de classe **S4**).

- **Essais Proctor (modifié) :**

Les densités sèches optimales (γd OPM) obtenues sont, de l'ordre de 1.67 t/m3 à 1.91 t/m^3, pour des teneurs en eau à l'optimum Proctor Modifié entre 8.30 % et 13.80 %

Résultats des essais mécaniques pour les sondages carottés

Tableau VI-6 Résultat d'essai de cisaillement rectiligne

Sondage N°	PK	Profondeur échantillonnage (m)	C' (Bars)	φ'' (°)

SC1	30+280	5.5 – 6	0.48	21.6
SC2	32+080	1 - 1.50	0.21	22.50
		4.70 – 5	0.33	18.50
		10.5 – 11	0.21	22.50
SC3	32+700	2.40 – 3	Echantillon compact : essai impossible à réaliser	
		8 - 8.30	0.33	27.10
		10.6 -11	0.33	29.20
		18 -18.50	Echantillons très compacts : essais non réalisés	
		25 – 25.28		
SC4	34+180	4.10 -4.30	0.41	23.70
		4.70 – 5	0.28	25.5
		7.80 - 8.20	0.55	24.10
		12.20 - 12.50	Essai non réalisé, échantillon friable	
		17.70 - 18.00	0.23	18.80
SC5	34+500	11.40 - 11.70	Echantillons très compacts (essai impossible à réaliser)	
		13.00 - 13.30		
		16.50- 16.80		
		19.00 - 19.50		
		25.00 - 25.50		
		31.30 - 31.70		
SC6	35+500	4.00 - 04.30	Echantillon friable, essais non réalisés	
		13.20 - 13.50	Echantillon compact et desséché, essai non réalisé	
		18.70 - 19.00	0.15	31.40
		22.50 - 22.80	Echantillon compact et desséché, essai non réalisé	
SC7	36+520	03.00 - 03.30	0.46	21.80

Légende :

P_C (bars) : Pression de consolidation.

C_C (%) : Coefficient de compressibilité.

Cg (%) : Coefficient de gonflement.

Tableau VI-7 Résultats de' essais de compressibilité à l'œdomètre

Sondage N°	Profondeur (m)	P_C (Bars)	C_C (%)	C_g (%)	Interprétation des résultats
SC1 PK 30+280	5.5/6	1.44	2.70	5.10	Sol est normalement consolidé moyennent compressible et gonflant

SC4 PK 34+180	4.70/ 5	1.59	14.10	4.00	Sol est sur consolidé, Moyennement compressible et peu gonflant
	7.80 / 8.20	0.96	11.40	3.30	Sol est sou consolidé, moyennement compressible et peu gonflant
	12.2 / 12.5	Essai non réalisé			
SC6 PK 34+500	16.5 /16	1.09	1.10	5.20	Sol est sur consolidé, moyennement
SC7 PK 36+520	3 / 3.30	1.62	14.10	04.4	Sol est normalement consolidé, moyennement Compressible et peu gonflant

De l'analyse des résultats œdométriques, on constate que les sols en profondeur, sont peu à moyennement compressibles avec des coefficients de compressibilité (Cc) allant de 8.10 % à 18.90 %. Les sols sont généralement peu gonflants à rarement gonflants, avec des valeurs du coefficient de gonflement (Cg), comprises entre 1.90 % et 5.3 %.

Classification GTR

Selon le guide des terrassements routier (GTR),

Les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux catégories :

Paramètre de nature

- La granulométrie.

Paramètre d'état

- Etat très humide (th).
- Etat humide (h).
- Etat humide moyenne (m).
- Etat sec (s).
- Etat très sec (ts).

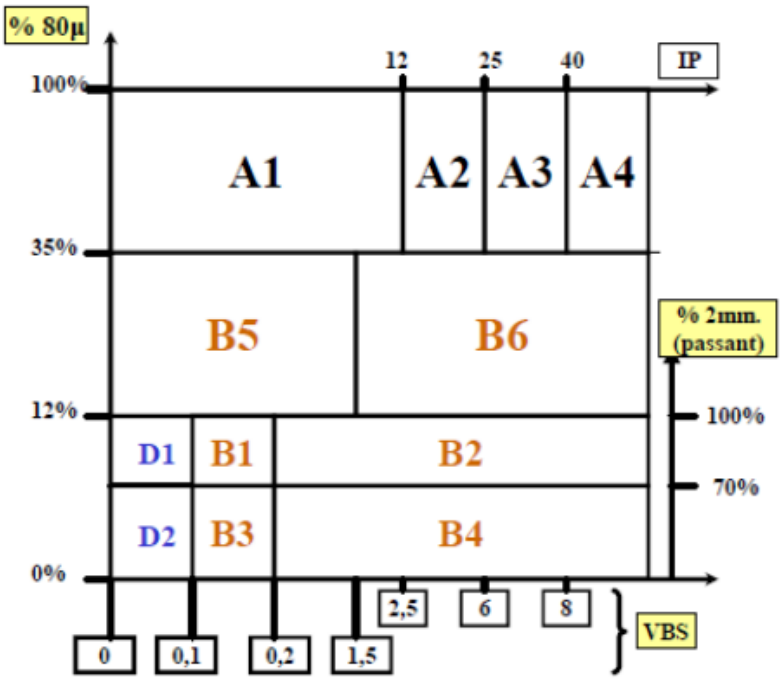


Figure VI-0-1 Abaque de la classification GTR pour Dmax ≤ 50mm

Classification GTR du sol

Tableau VI-8 Classification GTR

Sondage	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classification GTR
SC1 **SC2** **SC3** **SC4** **SC5** **SC6**	D<50 mm et tamisat à 80µm>35%	12 <IP <40	Sols fins A

Les détails de la classification GTR sont joints en annexe

Résultat de classification :

D'après le guide des terrassements routier (GTR), les sols dans le tracé du projet appartiennent à la classe **A** (sols fins : marnes argileuses, argiles marneuse)

Le réemploi des matériaux des classes A, en remblais et couche de forme, doit se conformer aux règles du guide (GTR).

En résumé :

A propos des modalités de mise en œuvre des matériaux à réutiliser en remblai, les aspects suivants sont à prendre en considération :

- Les sols très humides et très secs, (th/ts) sont à écarter de toute réutilisation.
- Les matériaux A2h, A2m, et A2s, seront exploités en remblais ≤ 5 m et ≤ 10 m.
- Les sols A3 de nature marneuse, ayant une plasticité élevée, peuvent entrainer des risques de glissements pour les remblais, surtout pour ceux de grande hauteur ; leur réutilisation est donc à écarter.

VI.2.4 Conclusion

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie du sol est constitué d'argiles marneuse et limoneuse.

La réalisation d'une couche de forme est nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée car le sol est de faible portance.

Chapitre VII :
Stabilité des talus

VII. Stabilité des talus

VII.1 Introduction

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude est caractérisé par une succession de remblais et de déblais. Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé de la pénétrante en zone vallonnée induisent à la nécessité d'exécution de terrassements de grande hauteur, de ce fait une étude de stabilité de talus, que ce soit dans le cas d'un remblai ou d'un déblai, doit être établie pour identifier tout type de risque mis en jeux par la construction de la route.

VII.2 Analyse de la stabilité

Le tracé d'axe du projet passe par un relief montagneux et localisé sur le bas de pente du versant, nécessitant des terrassements importants et laissant des talus dont il y a lieu d'assurer leurs stabilités et leurs protections contre les glissements.

Il y a lieu d'effectuer des terrassements dont on adoptera des pentes en fonction de la nature du sol afin d'assurer la stabilité des talus.

Vu les hauteurs importantes des déblais et des remblais et la nature argilo marneuse et limoneuse du sol, une banquette en béton projeté sera nécessaire.

Pour vérifier la stabilité on a :

- ✓ Les surfaces de ruptures supposées circulaires.
- ✓ L'aspect sismique a été pris en considération.
- ✓ La pente recommandée pour la stabilité des talus de déblais et de remblai est de 2H / 1V avec des banquettes de 3 m de largeur à chaque 6 m de hauteur.

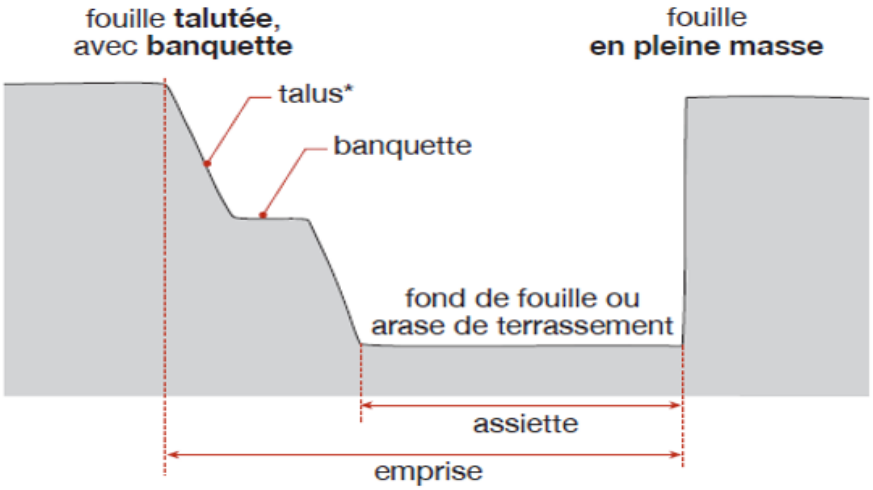


Figure VII-1 Banquette en béton projeté sur le talus

Le logiciel utilisé pour la vérification de la stabilité est le GEO5 (GeoStructural Analysis)

Evaluation du coefficient sismique

Les talus doivent rester stable après le séisme ; pour l'action sismique, la stabilité des talus est étudiée en considérant d'une façon statique la combinaison d'une charge sismique horizontale (Kh) et une charge sismique verticale (Kv). Dans ce cas le coefficient A est un coefficient d'accélération retenue en fonction des zones sismiques et de la classification des ouvrages.

- Evaluation de coefficient A :

La région de Tipaza appartient à la zone **IIIa** (sismicité élevée) ; le coefficient d'accélération à prendre en compte est A : 0.30.

– Evaluation des coefficients sismiques horizontal et vertical :

Kh=0.5 x A = 0.5 x 0.30 = 0.15

Kv = 0.3 x Kh = 0.3 x 0.15 = 0.045

VII.2.1 Analyse de la stabilité du déblai

On va traiter le cas du déblai le plus défavorable, qui a une hauteur de 30,91 m situé au PK 35+075

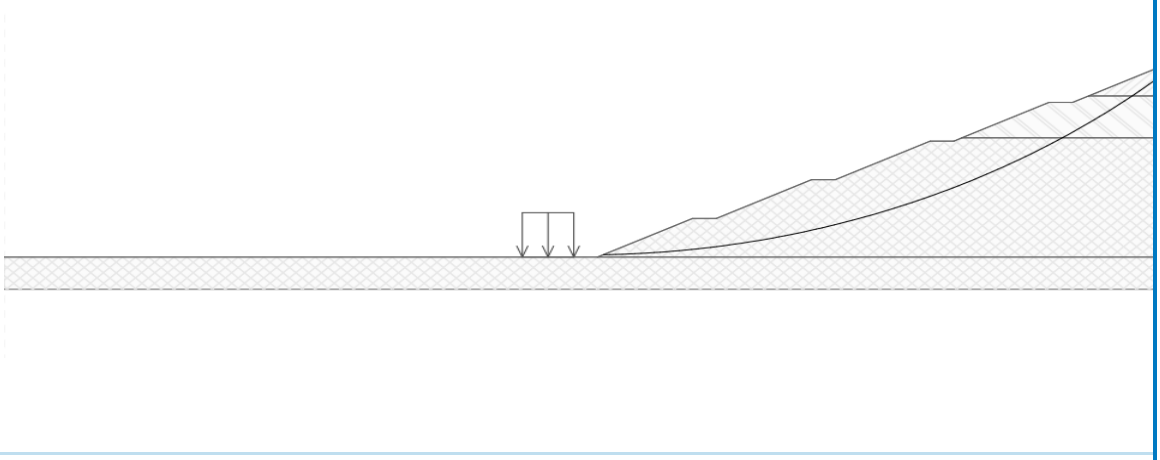
Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés.

Tableau VII-1 Caractéristiques du déblai du PK 34+875 à 35+500

PK Début-Fin	Profondeur(m)	Nature du terrain	Paramètres géotechniques		
			ɣh (KN/m3)	Φ' ◦	C'(Kpa)
34+875 à 35+500	0 m- 5m	**Marne argileuse Schisteuse**	21	19	23
	5 m - 11,5m	**Marne argileuse**	21	22	48
	11,5 m – 30 m	**Argile marneuse**	21	31	15

Résultats d'analyse par logiciel :

Cas statique (sans action sismique) :



Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces: Fa = 2973,12 kN/m

Sum of passive forces: Fp = 6166,38 kN/m

Sliding moment: Ma = 324925,89 kNm/m

Resisting moment: Mp = 673910,18 kNm/m

Factor of safety = 2,07 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

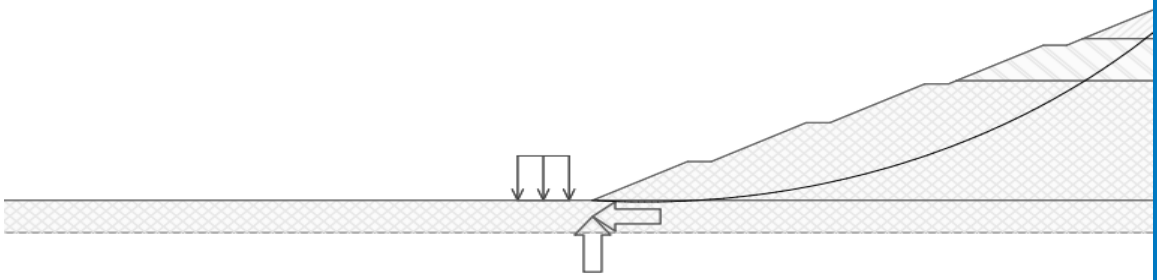
GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0

***Figure VII-2* : Analyse de stabilité déblais PK 34+875 à 35+500. FS= 2,07.**

Interprétation des résultats :

En utilisant la méthode de Bishop on a trouvé : FS = 2,07 > 1,5 ⇒ (stabilité vérifiée)

Cas dynamique (avec action sismique) :



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces: Fa = 5324,93 kN/m

Sum of passive forces: Fp = 7414,85 kN/m

Sliding moment: Ma = 490479,26 kNm/m

Resisting moment: Mp = 682981,78 kNm/m

Factor of safety = 1,39 > 1,00

Slope stability ACCEPTABLE

GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0

Figure VII-3 **: Analyse de stabilité déblais avec action sismique PK 34+875 à 35+500. FS= 1,39.**

Interprétation des résultats :

En utilisant la méthode de Bishop on a trouvé : FS = 1,39 > 1 ⇒ 1 (stabilité vérifiée)

VII.2.2 Analyse de la stabilité du remblai

On va traiter le cas du remblai le plus défavorable, qui a une hauteur de 11,42 m situé au PK 33+725.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés.

Tableau VII-2 : ***Caractéristiques du remblai du PK 33+650 à 33+952***

PK Début-Fin	Profondeur(m)	Nature du terrain	Paramètres géotechniques		
			ɣh (KN/m3)	Φ' ◦	C'(kPa)
33+650 à 33+925	0 m- 6m	**Argile marneuse**	21	23	21
	6 m - 10m	**Marne argileuse**	21	24	55
	10 m – 25m	**Marne**	21	19	44

NB : pour le remblai on a utilisé un matériau de carrière (Tuf), de caractéristiques :

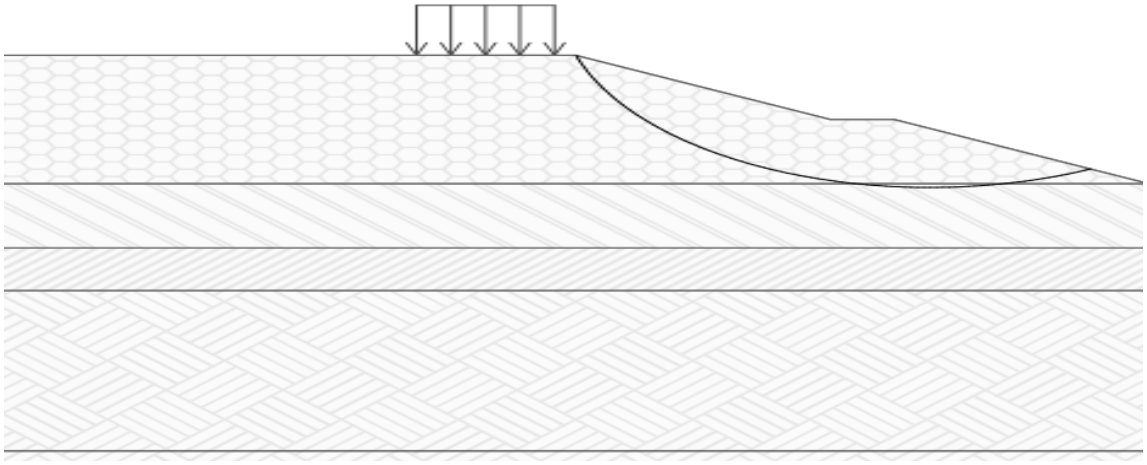
$\gamma h = 18$ (KN/m^3)

$\Phi' = 30◦$

$C' = 50$ (kPa)

Résultats d'analyse par logiciel :

Cas statique (sans action sismique) :



Analysis of the slip surface without optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : Fa = 588,30 kN/m

Sum of passive forces : Fp = 2330,18 kN/m

Sliding moment :Ma = 10240,78 kNm/m

Resisting moment : Mp = 40562,77 kNm/m

Factor of safety = 3,96 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

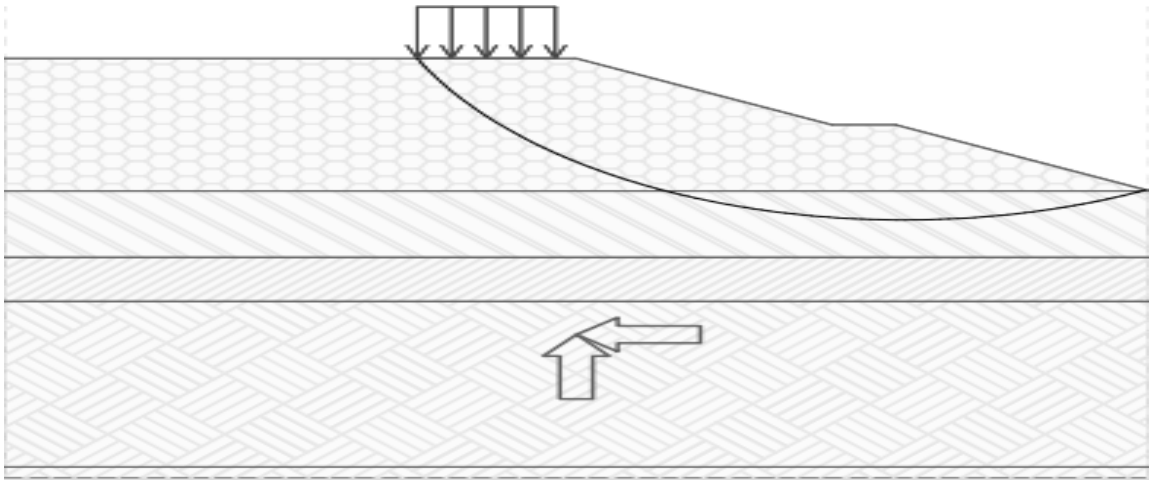
GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0

Figure VII-4 **: Analyse de stabilité remblais PK33+650 à 33+925. FS= 3,96**

Interprétation des résultats :

En utilisant la méthode de Bishop on a trouvé : FS = 3,96 > 1,5 ⇒ (stabilité vérifiée)

Cas dynamique (avec action sismique) :



The slip surface after optimization.

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces: Fa = 1831,54 kN/m

Sum of passive forces: Fp = 3351,22 kN/m

Sliding moment: Ma = 46228,00 kNm/m

Resisting moment: Mp = 84584,80 kNm/m

Factor of safety = 1,83 > 1,00

Slope stability ACCEPTABLE

GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0

Figure VII-5 : Analyse de stabilité remblais avec action sismique PK33+650 à 33+925. FS= 1,83

Interprétation des résultats :

En utilisant la méthode de Bishop on a trouvé : FS = 1,83 > 1 ⇒ (stabilité vérifiée)

VII.2.3 Conclusion

Le calcul à l'aide du logiciel GEO 5 montre que le facteur de sécurité est au-dessus de la limite dans les deux cas (avec et sans séisme), ainsi on conclut que la pente choisie du talus de déblai (2H/1V) et la pente du talus de remblai (2H/1V), nous a permet de qualifier la situation du terrain comme étant stable.

Les détails de calculs de stabilité sont joints en annexe.

VII.2.4 Recommandations

-Les pentes proposées en cette phase d'étude, peuvent être modifiées en phase d'exécution, selon les résultats de la reconnaissance supplémentaire. Dans ce cas, il y a lieu de reprendre l'étude de stabilité des talus et si nécessaire des dispositions de renforcement seront proposées.

-les talus des déblais et remblais doivent être protégés contre toute érosion superficielle moyennant des mesures de drainage et une couverture végétalisée ou des mesures de protection.

Chapitre VIII :
Dimensionnement de corps de chaussée

VIII. Dimensionnement de corps de chaussée

VIII.1 Introduction

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention de bonnes caractéristiques géométriques, mais il faut aussi lui assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui la rendent résistante aux agressions des agents extérieurs (gradients thermiques, pluie, neige ...) et aux charges cycliques d'exploitation (action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds) pendant toute sa durée de vie.

Donc le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

VIII.2 La méthode de dimensionnement (méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves)

On a opté dans ce projet pour une chaussée souple et on appliquera la méthode la plus appliquée en Algérie : La Méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves.

La démarche adoptée pour le catalogue fait appel aux spécifications géologiques et climatiques du pays ainsi qu'aux ressources en matériaux disponibles pour chaque région donc on doit tout d'abord définir les données de bases pour le dimensionnement de la chaussée.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Le trafic.
- Les données climatiques.
- La durée de vie.
- Le sol support de chaussée.
- Les caractéristiques des matériaux
- Le risque de calcul considéré.

Application sur le projet

Choix de la structure

➢ Détermination du réseau principal :

On a :

TJMA2025 =7311 v/j > 1 500 v/j , Donc le réseau principal est de niveau 1 (RP1).

Tableau VIII-1 Réseaux principaux

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

➢ Choix des structures types pour le réseau principal 1(RP1) :

Niveau de réseau principal (RPi)	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
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure VIII-1 Types de structures

D'après la figure VIII-1 , on choisit une structure de type : GB/GB

➢ Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1 :

Pour une durée de vie de 20 ans.

Taux de d'accroissement τ : =4 %

Z= 98 %.

Pour déterminer la classe de trafic, on doit calculer le trafic poids lourds sur la voie la plus chargée (VPC) à l'année de mise en service (2025)

Pour ce faire :

- On détermine

  Le trafic poids lourds en 2022 = TJMA2022 * %PL = 6500 * 0.98 = 6370 PL/J sens

- Répartition transversale sur VPC en 2022 pour 3 x 2 voies :

  0.8*6370=5096 PL/J /sens sur VPC

- Le trafic à l'année de mise en service 2025 sur VPC

  TPLvpc(2025) = 5096*$(1+\tau)^3$ = $5096(1+0{,}04)^3$ = **5732** PL/J sur VPC en 2025

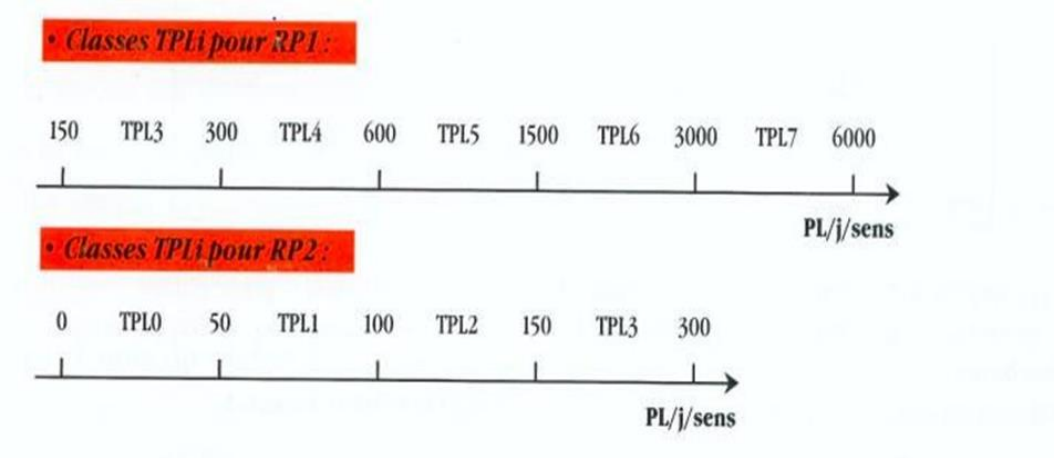


Figure VIII-2 Classe de trafic poids lourd

Notre trafic poids lourd est donc un **TPL7.**

➢Portance de sol support

La classe du sol support est donnée en utilisant la relation empirique suivante :

E=5*CBR

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

Figure VIII-3 Les classes de sol-supports

Pour le dimensionnement de la structure de la liaison autoroutière, nous avons adopté

la valeur minimale de l'indice CBR égale à 2.53 donc inférieures à 5 (sol de faible portance de classe S4) ; que l'on peut corréler empiriquement à

EV2 (MPa) = 5 x CBR = 5 X 2.53 = 12.65 MPa

Selon le catalogue, pour les sols de classe S4 (les sols avec un indice de CBR moins de 10) on utilise une couche de forme pour le ramener à S3 ou à S2 (le recours à une couche de forme dans ce cas est nécessaire)

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

Figure VIII-4 Epaisseur du matériau de couche de forme

Epaisseur du matériau de couche de forme.

Dans les sols de classe S3, on doit utiliser une couche de forme de matériaux non traités (du tuf par exemple) avec une épaisseur de 60cm compactée en 2 couches de 30 cm comme l'indique la figure VIII-5.

➢ Zone climatique :

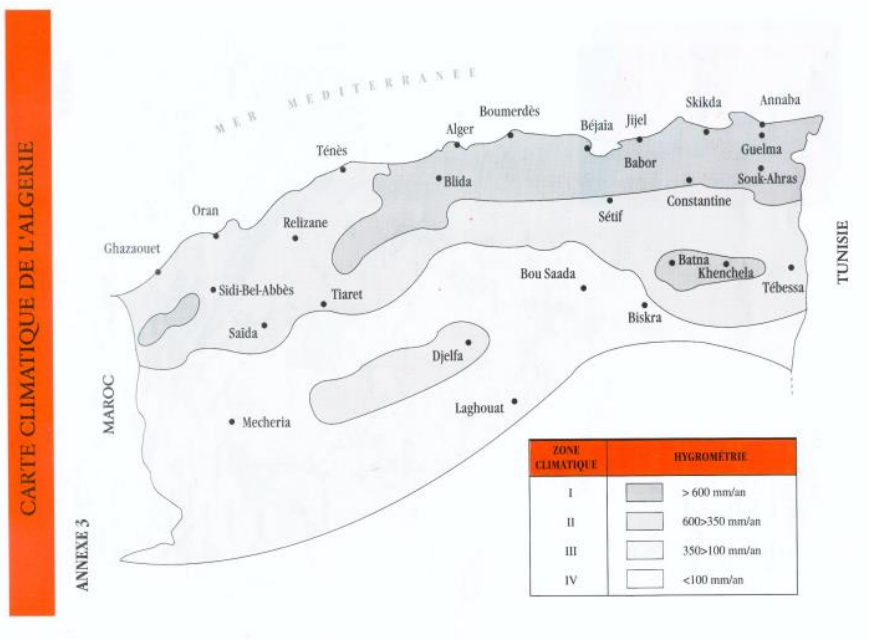


Figure VIII-5 *: Zone climatique.*

La pénétrante autoroutière EL Affroune – Cherchell alors appartient à la zone climatiqueI .

➢ Choix de type de structure :

Types de Matériaux	Fiche structure n°	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I , II
	2	GB/GNT	I , II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SG1	IV
	5	GB/TUF1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

Figure VIII-6 : Types de structures.

On propose de prendre une structure de type : GB/GB

On a un réseau principal (RP1), une zone climatique I, une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement (4%), une portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL7).

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

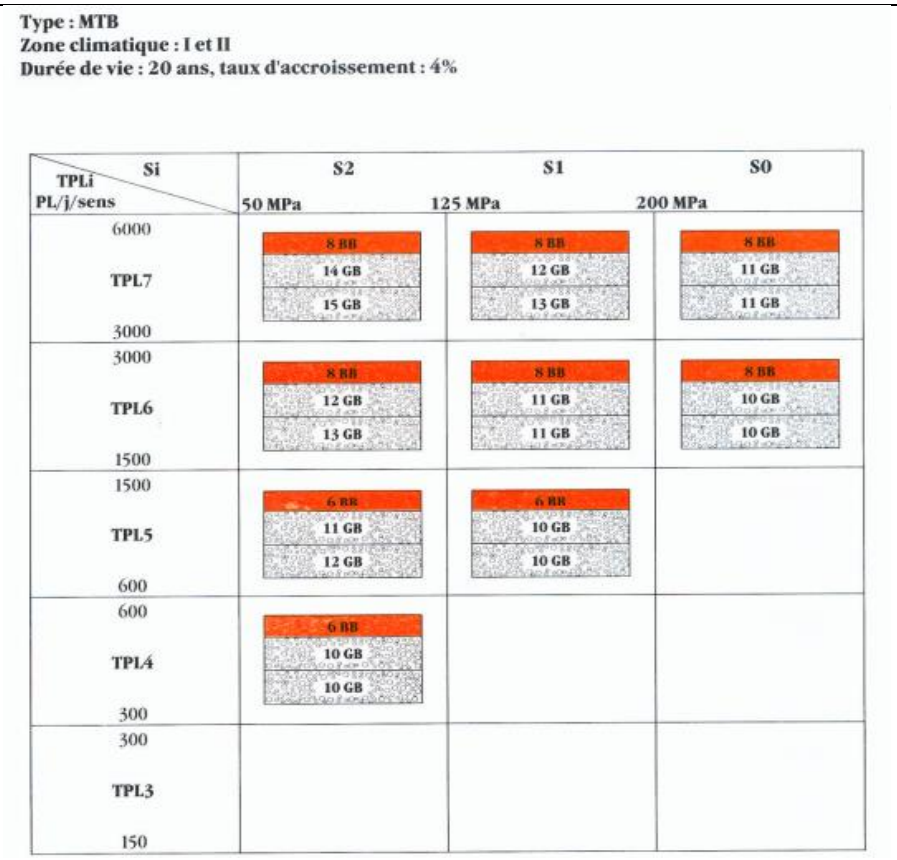


Figure VIII-7 Fiche structure pour le (RP1) Grave bitume /Grave bitume

Tableau VIII-2 Structure choisie de la chaussée.

	Matériau	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	8
Couche de base	GB	14
Couche de fondation	GB	15
Couche de forme	TUF	60 (2 couches de 30 cm)

Vérification des structures de chaussée et de la déformation du sol support :

Il faut vérifier que εt et εz (calculées avec logiciel Alize III) sont inférieures aux valeurs admissibles calculées εt ad et εz ad

Tel que :

- εt : étant la déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume (dans notre cas sous la couche du **GB**).

➢ εz : (sol) la déformation verticale sur le sol support

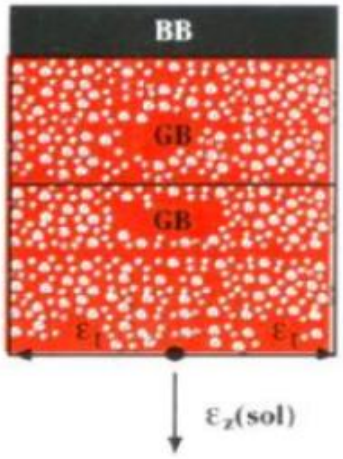


Figure VIII-8 Mode de fonctionnement de la structure.

➢ Calcul de la déformation admissible sur le sol support En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon z.ad = 22.10\text{-}3 \times \mathbf{TCEi}\text{-}0.235$$

Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :

$$TC = TPL \times \frac{-1 + (1 + r)^n}{r} * 365 = 5732 * \frac{-1 + (1+0{,}04)^{20}}{0{,}04} * 365$$

TC= 62,30 $*10^6$ équivalent essieux 13t

Calcul de trafic cumule équivalant TCE :

$$TCE = TC \times A$$

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
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Figure VIII-9 Valeurs du coefficient d'agressivité A.

D'après le tableau ci-dessus A= 0.6

Donc :

$$TCE = TC \times A$$

$$TCE=62,30*10^{6}*0,6 = 37,38 *10^{6} \text{ eq essieux 13t}$$

Calcul de la déformation admissible sur le sol support εz, adm :

$$\varepsilon z, adm= 22\times10^{-3}\times TCE^{-0,235}=22*10^{-3}*(37,38 \cdot 10^{6})^{-0,235}= 365,5*10^{-6}$$

➢ Calcul de la déformation admissible εt, adm à la base de GB :

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon_{t,ad}=\varepsilon_{6}(10° ,25HZ) \times Kne\times K\theta\times Kr\times Kc$$

Avec :

•Kne =facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

•Kθ :facteur lié à la température.

•Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.

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

Kne = $\left(\frac{TCEi}{10^{6}}\right)^{b}$;

$K\theta = \left(\frac{E(10^{\circ}c,10Hz)}{E(\theta\, eq,10Hz)}\right)^{0,5}$; $Kr = 10^{-tb\delta}$; Kc=1.3

Avec :

• TCEi: traffic en nombre cumulé d'essieux de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

• b : pente de la droite de fatique (b<0)

• E (10°C°) Module complexe de matériau bitumineux à 10°C

• E (θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée

• δ : f(dispersion),

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \cdot Sh\right)^2}$$

Avec

• SN : dispersion de la loi de fatigue

• Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

• c : coefficient égal à 0.02

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

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

Figure VIII-10 Caractéristiques des matériaux enrobés.

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Figure VIII-11 La température équivalente.

	Classe de trafic (TPLi) (PL / sens)	TPL5	TPL6	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Figure VIII-12 Le risque du projet

• Kne =$\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b = \left(\frac{62{,}30 \cdot 10^6}{10^6}\right)^{-0{,}146}$ = 0,547

• Kθ = $\left(\frac{E(10^{\circ}c, 10Hz)}{E(\theta\, eq, 10Hz)}\right)^{0{,}5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0{,}5}$ =1.336

• Kr = 10-tbδ, avec r= 2%, d'où t = -2.054

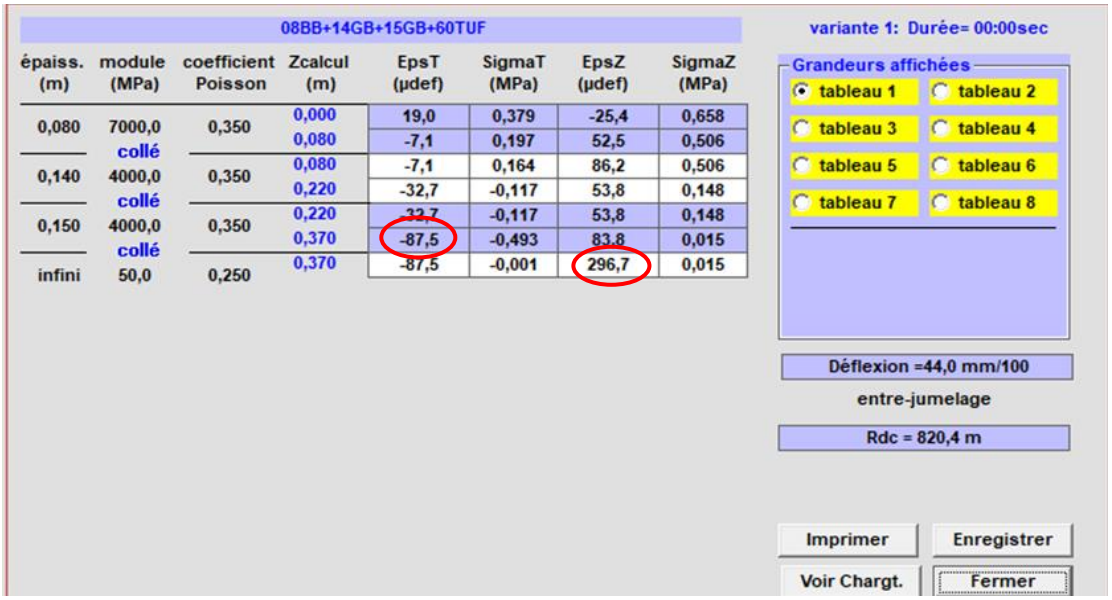
$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \cdot Sh\right)^2}$ = 0,609

Kr = $10^{-2{,}054 \times 0{,}146 \times 0{,}609}$ = 0,66

• Kc = 1.3

D'ou : εt.adm = 100. 10^{-6} x 0.547 x 1.336 x 0.66 x 1.3 = 62,7 x 10-6

Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec alizéIII :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	7000,0	0,350	0,000	19,0	0,379	-25,4	0,658
	collé		0,080	-7,1	0,197	52,5	0,506
0,140	4000,0	0,350	0,080	-7,1	0,164	86,2	0,506
	collé		0,220	-32,7	-0,117	53,8	0,148
0,150	4000,0	0,350	0,220	-32,7	-0,117	53,8	0,148
	collé		0,370	-87,5	-0,493	83,8	0,015
infini	50,0	0,250	0,370	-87,5	-0,001	296,7	0,015

Figure VIII-13 Capture d'écran Alizé III

Allongement horizontale sous la base du GB : $\mathcal{E}t = 87{,}5\ udef < \mathcal{E}t\ adm = 62{,}7\ udef$

Déformation verticale de la plateforme : $\mathcal{E}z = 296{,}7\ udef < \mathcal{E}z\ adm = 365{,}5\ udef$

Cette structure est validée vis à vis des déformations

Chapitre IX : Assainissement

IX. Assainissement

IX.1 Introduction

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

L'assainissement routier comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour collecter et évacuer rapidement toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines dans l'emprise de la route, ainsi que pour le rétablissement des écoulements superficiels extérieurs à la route.

Une bonne étude d'assainissement permet de prolonger la durée de vie de la route, et de réduire le coût d'entretien par la suite.

IX.2 Objectifs de l'assainissement routier

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent sur la chaussée.
- Réduire le coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- L'évacuation des eaux qui s'infiltrent à travers le corps de chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

IX.3 Dimensionnement de réseau d'assainissement

La méthode rationnelle est employée pour évaluer l'ordre de grandeur de débit maximum des eaux de ruissellements susceptible d'être recueillies par les fossés ou par exutoire.

On utilise la formule : $Qa=Qs$

Avec :

Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3 /s).

Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m^3 /s).

- Le débit d'apport :

En utilisant la méthode rationnelle, le débit est donné par la formule :

$$Qa=0,278.C.I.A$$

Avec

Qa : débit d'apport en m3 /s.

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

C : coefficient de ruissellement. A : aire du bassin versant (Km^2).

✓ Détermination de l'intensité :

Pour la détermination de l'intensité on utilise la formule suivante,

$I\ (t, T) = a\ (t)/\ tc^{\ b}$

Avec :

I : intensité de pluie exprimée en mm/h.

T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)

tc : temps de concentration en heures.

a et b : paramètres de Montana.

➢ La période de retour

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit.

- Les buses sont dimensionnées pour une période de retour de 10 ans.
- Les dalots sont dimensionnés pour une période de retour de 50 ans.
- Le temps de concentration

Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Il est estimé respectivement comme suite

Il existe plusieurs méthodes pour estimer sa valeur mais les plus utilisées sont les méthodes de Ventura, Giandotti et Passini:

$tc = 0,127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ → Si A < 5 km², selon (Ventura).

$tc = 0,108.\frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$ → Si 5 km² < A <25 km², selon (Giandotti)

$tc = \frac{4\sqrt{A}+1,5.L}{0,8\sqrt{H}}$ → Si 25 km² < A < 200 km² (Passini).

Avec :

tc : temps de concentration (heures).

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

L : longueur de bassin versant (Km)

P : pente moyenne de bassin versant (m/m) H : la différence entre la côte moyenne et la côte minimale (m).

- Coefficient de ruissellement 'C'

Le coefficient de ruissellement est le rapport exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée (ruisselée) par la quantité d'eau précipitée.

Sa valeur est en fonction des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau IX-1 : Valeurs du coefficient de ruissellement

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40

Nature de la couverture végétale	**Terrains + Sable grossier**			**Terrains Argileux ou limoneux**			**Terrains Argileux**		
	Moins de 5%	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**	**Moins de 5%**	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**	**Moins de 5%**	**De 5 à 10%**	**De 10 à 30%**
Bois	0,10	0,25	0,30	0,30	0,35	0,50	0,40	0,50	0,60
Pâturages	0,10	0,15	0,22	0,30	0,36	0,42	0,40	0,55	0,60
Culture	0,30	0,40	0,52	0,50	0,60	0,72	0,60	0,70	0,82
Zone Urbaines	0,40	0,50		0,55	0,65		0,65	0,80	

- Le débit de saturation :

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

Qs = $Sm \cdot Kst \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$

Kst : coefficient de Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

S : section mouillée.

R : rayon hydraulique (m).

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

IX.4 Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet :

IX.4.1 Caractéristiques des bassins versants :

Les caractéristiques des bassins versants sont obtenues à l'aide du logiciel GLOBAL MAPPER et sont données dans le tableau suivant :

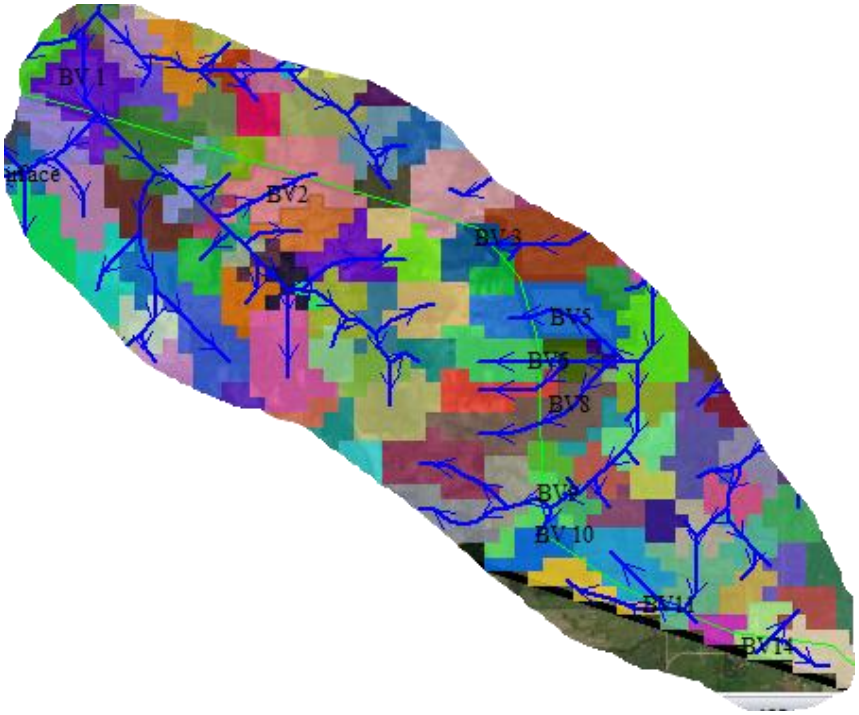


Figure IX-1: Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper.

Tableau IX-2 Caractéristiques des bassins versants

PK	Surface du B.V (Km2)	Périmètre du B.V (Km)	H Max (m)	H Min (m)	Longueur du talweg (Km)	Pente moyenne (%)
27+063	9,983	17,648	661	80	7,548	**0,162**
28+446	3,313	8,744	272	76	3,831	**0,088**
30+678	0,315	2,604	214	120	0,788	**0,163**
31+2250	0,114	1,799	188	127	0,294	**0,143**
31+275	1,697	5,403	474	125	1,903	**0,244**
31+650	0,069	1,214	235	138	0,265	**0,210**
32+071	2,237	7,531	700	159	3,015	**0,289**
32+447	0,201	1,864	272	189	0,364	**0,153**
33+359	4,789	11,550	741	196	5,589	**0,294**
33+465	0,108	1,051	329	205	0,308	**0,206**
34+994	0,236	2,015	309	170	0,698	**0,231**
35+370	0,123	1,503	289	168	0,406	**0,234**
35+820	0,155	2,005	289	146	0,493	**0,214**
36+242	2,686	8,476	358	124	2,704	**0,176**
0+298	385	110	1538	165	53.3	**0.272**

Calcul du débit d'apport :

Par exemple, pour le premier bassin versant BV, on a :

A= 9.983 Km2 → 5 km² < A <25 km², selon (Giandotti)

$$tc = 0{,}108\frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}} = 0{,}108\,\frac{\sqrt[3]{9{,}983\times 7{,}548}}{\sqrt{0{,}162}} = 1{,}12 \text{ h}$$

$$i(t, T) = \frac{a(t)}{tc^{b}}$$

Pour notre projet :

Tableau IX-3 coefficients de montana

Période de retour T	10 ans	50 ans
A	15,33	24,3

L'indice climatique pour la région b= -0,68

Pour un période de retour de 50 ans on a : a = 24,3 ; b=-0,68

$$i\,(t,\,T) = \frac{24{,}3}{1{,}116^{-0{,}68}} \approx 26 \text{ mm/h}$$

Coefficient de Ruissellement : C = 0.52

Qa=0,278.C.I.A = 0,278*0,52*26*9,983 = 37,52 m3 /s.

Tableau IX-4 Résultats de calcul des débits

BV	**PK**	**Surface du B.V (Km^2)**	**Temps de concentration (Heures)**	**Intensité de précipitation (mm/h)**	**Coefficient de ruissellement**				**T (ans)**	**Q (m^3/s)**
					c1	**c2**	**c3**	**c**		
BV1	27+063	9,983	1,116	25,9351	0,2	0,15	0,17	0,52	50	37,52
BV2	28+446	3,313	0,781	28,322	0,1	0,15	0,15	0,4	50	10,43
BV3	30+678	0,315	0,177	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	2,029
BV4	31+225	0,114	0,113	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	0,73
BV5	31+275	1,697	0,335	47,134	0,2	0,15	0,21	0,56	50	12,45
BV6	31+650	0,069	0,073	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	0,44
BV7	32+071	2,237	0,353	45,78	0,2	0,15	0,21	0,56	50	15,94
BV8	32+447	0,201	0,145	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	1,29
BV9	33+359	4,789	0,512	35,001	0,2	0,15	0,21	0,56	50	26,09
BV10	33+465	0,108	0,092	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	0,69
BV11	34+994	0,236	0,129	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	1,52
BV12	35+370	0,123	0,092	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	0,79
BV13	35+820	0,155	0,108	41,37	0,2	0,15	0,21	0,56	10	0,99
BV14	36+242	2,686	0,496	35,251	0,2	0,15	0,21	0,56	50	14,74
Oued Djer	0+ 298	385	6.788	133 mm	0,2	0,15	0,21	0,56	100	7971,59

IX.4.2 Dimensionnement des buses (ouvrage transversal)

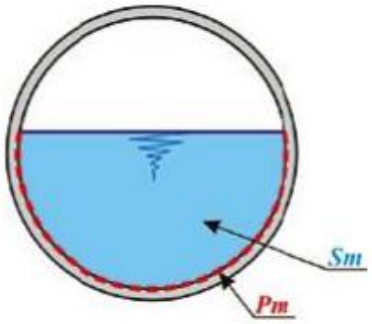


Figure IX-2 Buse

Le débit de saturation

Qs=$Sm \cdot Kst \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$

- Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : J= 0,5%
- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).
- Sm: surface mouillée tel que : Sm = 1/2× π × R^2
- Rh : rayon hydraulique tel que : Rh = Sm/ Pm = $\frac{\left(\pi \frac{D^2}{4}\right)}{\pi D} = \frac{D}{4} = \frac{R}{2}$

Qa= K.C.I.A ; Qs= $Sm \cdot Kst \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$

On a : Qs = Qa → R = $\left(\frac{2^{\frac{5}{3}} \times Qa}{80\pi\sqrt{j}}\right)^{\frac{3}{8}}$

Pour le troisième basin on a : Qa = 2,029 m3 /s → R= $\left(\frac{2^{\frac{5}{3}} \times 2{,}029}{80\pi\sqrt{0{,}005}}\right)^{\frac{3}{8}}$=0,68 m

D=2R = 2* 0,68 =1,36 m =1360 mm

Alors on prend une buse de D commercial = 1500 mm

Les conditions d'auto-curage

$Vps = Ks \cdot (Rh)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} = 80 \cdot (0{,}375)^{\frac{2}{3}} \cdot (0{,}005)^{\frac{1}{2}} = 3$ m/s

Qps= Vps*s = 3 m/s *1,76 = 5,28 m3/s

$Rq = Q/Qps$ = 2,029 /5,28 = 0,38

→ Rv = 0,93 et Rh = 0,43

Vérification des conditions d'autocurage

Tableau IX-5 : Vérification des conditions d'autocurage

Vps (m/s)	Qps (m3/s)	Q/Qps	V/Vps	h/D	V (m/s)	h (m)	V (Q/Qps=0.1) (m/s)	V (Q/Qps=0.01) (m/s)
3	5,28	0,38	0,93	0,43	2,79	0,645	1,92	1,05

a) V > 4 m/s →2,79 < 4m/s (Condition vérifiée)

b) V ≥0.6 m/s pour Q=0.1Qps

*R*q = 0.1 →Rv =V/Vps=0.64→V=0.64 × 3 =1,92 m/s >0.6m/s (Condition vérifiée)

c) V≥ 0.3m/s pour Q = 0.01Qps :

*R*q = 0.01→ Rv =V/Vps=0.35 →V=0.35 × 3 =1,05 m/s >0.3m/s (Condition vérifiée)

Le reste des résultats de dimensionnement des buses sont résumés dans le tableau suivant

Tableau IX-6 : Les ouvrages proposés

BV	PK	Qa (m3 /s)	Diamètre calculé (m)	Diamètre standard (m)	Conditions D'auto-curage
BV3	30+678	2,029	1,36	1,500	Vérifiées
BV4	31+225	0,73	0,93	1,000	Vérifiées
BV6	31+650	0,44	0,77	1,000	Vérifiées
BV8	32+447	1,29	1,15	1,200	Vérifiées
BV10	33+465	0,69	0,91	1,000	Vérifiées
BV11	34+994	1,52	1,23	1,500	Vérifiées
BV12	35+370	0,79	0,96	1,000	Vérifiées
BV13	35+820	0,99	1,044	1,200	Vérifiées

NB: le diamètre minimal des buses dans les autoroutes est de 1000 mm

IX.4.3 Dimensionnement des dalots (ouvrage transversal)

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

Prédimensionnement

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et en fixe aussi la hauteur de remplissage à ρ = 0.8h.

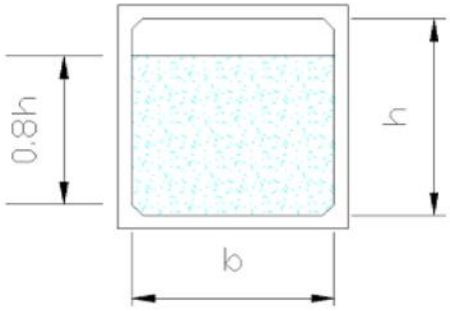


Figure IX-3 Dalot

On a :

• Périmètre mouillé : Pm = 2 x 0.8h+L

• Section mouillée : Sm = 0.8h x L

• Rayon hydraulique : $\frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8h \cdot L}{1.6h+L}$

• Pente longitudinale de l'ouvrage i

Qs= $Kst \cdot Sm \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

Qs =$Kst \cdot 0.8h \cdot L \cdot \left(\frac{0.8h \cdot L}{1.6h+L}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

Dans notre cas Kst = 70 (béton) et i peut être choisi i=0 .5%.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

Ce débit est donné par la formule de Manning Strickler. Qa≤ Qs

$$Qa \leq Kst \cdot 0.8h \cdot L \cdot \left(\frac{0.8h \cdot L}{1.6h+L}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

Et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

Application au projet :

D'après le calcul hydrologique du deuxième bassin versant

On a trouvé un débit de Qa=10,43 m3 /s ; et donc :

$$Qa \leq Kst \cdot 0.8h \cdot L \cdot \left(\frac{0.8h \cdot L}{1.6h+L}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$\rightarrow 10{,}43 \leq 70 \cdot 0.8h \cdot L \cdot \left(\frac{0.8h \cdot L}{1.6h+L}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0{,}005^{\frac{1}{2}}$$

Si on pose :Qa=Qs

$$H = \frac{1}{0{,}8L}\left(\frac{Qa}{Kst \cdot \sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}} \cdot (1{,}6h + L)^{\frac{2}{5}}$$

On fixant la hauteur H=2 m on trouve L= 2

Les conditions d'auto-curage

$$V = \frac{Q}{Sm} < 4\ m/s$$

La hauteur critique :

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot L^2}} < H\ calculé$$

AN :

$V = \frac{Q}{Sm} = \frac{10{,}43}{3{,}2} = 3{,}26 < 4\ m/s$ (Condition vérifiée)

$Hc = \sqrt[3]{\frac{10{,}43^2}{9{,}81 \cdot 2^2}} = 1{,}4 < 2m$ (Condition vérifiée)

Dans ce cas on va prendre H= 2 m et L= 2 m

Et donc un dalot de **2m x 2m ;**

Le reste des résultats de dimensionnement des dalots sont résumés dans le tableau suivant

Tableau IX-7 : Les ouvrages proposés

BV	PK	Qa (m3 /s)	Dimensions (m) h x L	Conditions D'auto-curage
BV1	27+063	37,52	**4 m x 3 m**	Vérifiée
BV2	28+446	10,43	**2m x 2m**	Vérifiée
BV5	31+275	12,45	**2m x 2,5m**	Vérifiée
BV7	32+071	15,94	**2m x 3m**	Vérifiée
BV9	33+359	26,09	**3 m x 3m**	Vérifiée
BV14	36+242	14,74	**2m x 2,5 m**	Vérifiée

IX.4.4 Dimensionnement des fossés à projeter sur le projet (ouvrage longitudinal):

Ces fossés sont considérés au pied des talus en déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires.

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai h= 30,91 m, qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain.

D'après le profil en long, notre cas situé entre PK 34+875 et PK 35+500 avec une longueur de L=625 m et de pente I= 1,55 %

On considère la présence des trois éléments (chaussée, Berme, talus), on calcule le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Donc : Qa = Qc + Qb + Qt

- ✓ Qc= K.I. . Ac
- ✓ Qb= K.I. . Ab
- ✓ Qt = K.I. . At

Avec :

Qc: Débit rapporté par la chaussée.

Qb: Débit rapporté par la berme.

Qt: Débit rapporté par le talus.

Calcul des surfaces des sous bassins versants

Tableau IX-8 : Les caractéristiques des sous bassins versants concernées

SBV	Largeur(m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+ B.A. U+BDG	14,5	2,5	Ac = 14,5× 625=9062,5
Berme	1	8	Ab = 1 × 625=625
Talus de déblai	10	66,67	At = 10 × 625=6250

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement longitudinale (Fossé) est égale à 10 ans. Donc :

a= 15,33 et b=-0,68 pour une période de retour de 10 ans

Calcul de débit d'apport Qa

- **Pour la chaussée :**

$$tc = 0{,}127\sqrt{\frac{A}{p}} = 0{,}127\sqrt{\frac{0{,}0090625}{0{,}025}} = 0{,}07646\,h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{15{,}33}{0{,}076^{0{,}68}} = 88{,}428\,mm/h$$

$$Qa = 0{,}278 C\,I\,A = 0{,}278 \cdot 0{,}95 \cdot 88{,}428 \cdot 0{,}0090625 = 0{,}2116\,m^3/s$$

- **Pour l'accotement :**

$$tc = 0{,}127\sqrt{\frac{A}{p}} = 0{,}127\sqrt{\frac{0{,}000625}{0{,}08}} = 0{,}0112\,h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{15{,}33}{0{,}0112^{0{,}68}} = 325{,}143\,mm/h$$

$$Qa = 0{,}278 C\,I\,A = 0{,}278 \cdot 0{,}4 \cdot 325{,}143 \cdot 0{,}000625 = 0{,}0226\,m^3/s$$

✓ **Pour le talus :**

$$tc = 0{,}127\sqrt{\frac{A}{p}} = 0{,}127\sqrt{\frac{0{,}00625}{0{,}6667}} = 0{,}0123\,h$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{15{,}33}{0{,}0123^{0{,}68}} = 305{,}075\,mm/h$$

$$Qa = 0{,}278 C\,I\,A = 0{,}278 \cdot 0{,}3 \cdot 305{,}075 \cdot 0{,}00625 = 0{,}159\,m^3/s$$

Tableau IX-9 : Le débit équivaut des bassins versants

SBV	A (km²)	C	p (%)	Tc (h)	I (mm/h)	Qai (m3/s)	Qa total (m3/s)
Chaussée +BDG +B.A.U	0,0090625	0,95	2,5	0,07646	88,428	0,2116	0,3818
Berme	0,000625	0,4	8	0,0112	325,143	0,0226	
Talus du déblai	0,006250	0,3	66,67	0,0123	305,075	0,159	

Calcul du débit de saturation (Qs)

Calcul de la surface mouillée :

$$Sm = bh + 2 \cdot \frac{eh}{2}$$

$$tan \propto = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}\ D'ou\ e = n \cdot h$$

$$Sm = b \cdot h + n \cdot h^2 = h(b + n \cdot h)$$

$$Sm = h\,(b + n \cdot h)$$

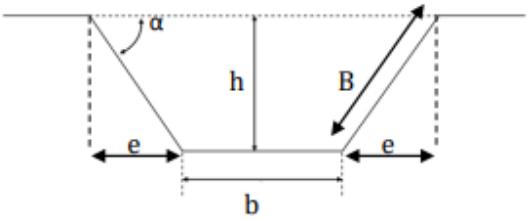


Figure IX-4 Fossé

Calcul du périmètre mouillé :

$$Pm = b + 2B$$

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

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

Calcul du rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

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 suivante :

$$Qa = Qs \rightarrow K \cdot C \cdot I \cdot A = Sm \cdot Kst \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

$$\rightarrow Qa = Kst \cdot h(b + n \cdot h) \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{h \cdot (b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

KST : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Pour la pente hydraulique du fossé « J », on a : J= 1,55 %

On pose : b=0.50m et pour un angle 45° => n =1

Après un calcul itératif, on a trouvé h= 0,209 m

Pour des raisons de sécurités on prend un fossé standard **(b=50 cm, h=50 cm).**

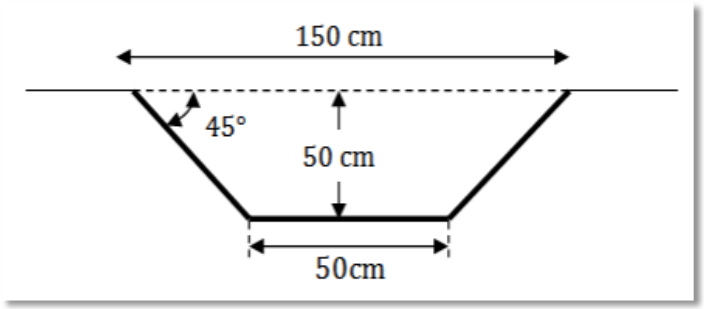


Figure IX-5 : dimensions du fossé

Chapitre X :
Echangeur

X. Echangeur

X.1 Introduction

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé (niveaux différents) ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent,

Il permet aux conducteurs de changer la route par le biais des bretelles.

Ce dernier, a été créé pour faciliter la circulation des grands débits, sans congestion de trafic contrairement aux carrefours plans

On désigne les échangeurs par :

- Nœuds : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide.
- Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- Mixte : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

X.2 Rôle d'un échangeur

L'échangeur est un ouvrage permettant de :

- Assurer la continuité des réseaux autoroutiers.
- Permet un écoulement libre de grands débits de circulation dans les différentes directions.
- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité.
- Éviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Éviter les points d'arrêt provoque des pertes de temps.
- Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.

X.3 Constituants d'un échangeur

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Ouvrages d'art. (passage supérieur ou inférieur).
- Carrefour (s) plan(s).
- Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie).

X.4 Types d'échangeur

Le choix de type d'échangeur est en fonction de l'importance des routes raccordées, de nombre de branches à raccorder, de débit des véhicules qui passe par le point d'intersection, et des contraintes topographiques et environnementales aussi l'aspect économique.

On a deux classes d'échangeurs :

X.4.1 Echangeur majeur

Raccordement Autoroute-Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y »).

X.4.2 Echangeur mineur

Raccordement Autoroute-Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

X.5 Caractéristique géométrique des bretelles

D'après les normes d'ICTAAL échangeur (complément d'ICTAAL 2013)

X.5.1 Tracé en plan

Valeurs limites des rayons : Sont définies comme suit

Tableau X-1Valeurs limites des rayons de tracé en plan

	Voie de sortie	Boucle
Rayon minimal à 7% de devers Rm	40m (avec 100 m minimum pour le premier rayon rencontré hors sortie en boucle)	40m
Rayon minimal au devers normal Rdn	300m	----
Rayon maximal dans la boucle	----	60m
Dévers entre Rnd et Rmd (m)	d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100	----

Toutefois, afin de pouvoir maintenir une vitesse minimale de 50km/h sur la bretelle, il est conseillé de ne pas utiliser de rayon inférieur à 54 m. En dessous de cette valeur, une limitation à 30 km/h devra être mise en place.

Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

Enchaînement des éléments du tracé en plan

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : R1<=2R2 où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrée dans le sens de circulation sauf si R1>1.5Rnd et si R1 > R2.
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

Raccordement progressive :

D'après l'ICTAAL, Pour les bretelles à une voie ou les branches :

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 des arcs de clothoïde est égale à la plus grande des deux valeurs :

$6R^{0,4}$ et $7|\Delta d|$; où

- R note le rayon de courbure (en m)
- | Δd | la différence des pentes transversales (en %) des éléments de la trace raccordes.

Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures, qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.

Raccordement avec l'autoroute

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

Zones de décélération et d'accélération

a. La zone de décélération :

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de150 m. Jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
- Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h), pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s2.

En sortie, l'utilisation de rayon> 120 m est fortement conseillé (pour le 1er rayon rencontré).

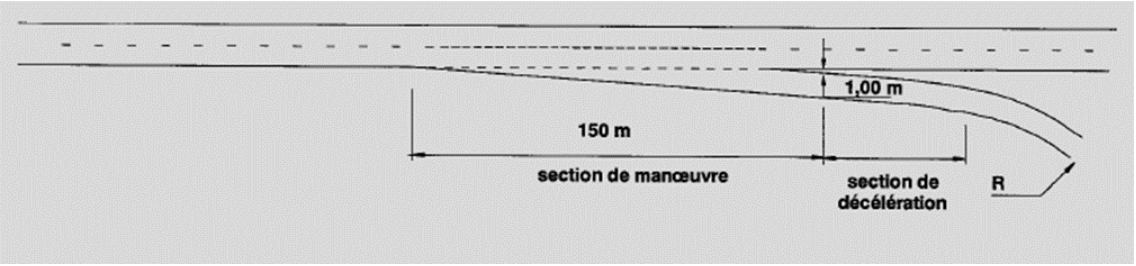


Figure X-1 longueur de décélération

b. Zone d'accélération :

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération doit permettre d'amener le véhicule à une vitesse conventionnelle d'au moins 55km/h au niveau du point E=1.00m pour une accélération de 1m/s². Sa longueur dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle.
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m.
- Un biseau long de 75 m

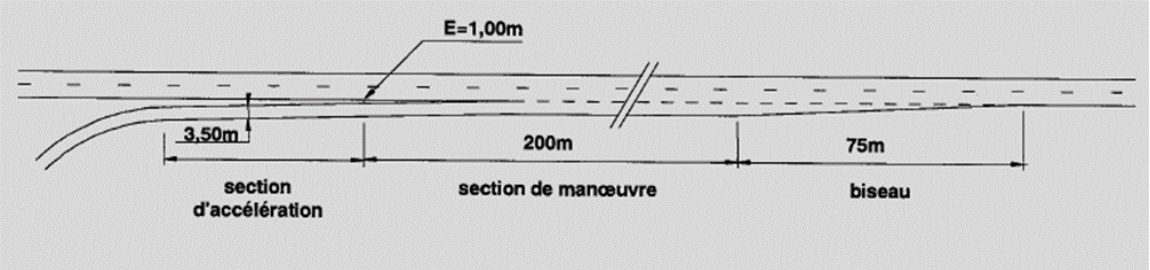


Figure X-2 longueur d'accélération

X.5.2 Profil en long

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont données dans le tableau suivant :

Tableau X-2 : valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL échangeur 2013).

Déclivité maximale	6%
Angle saillant minimal	1500m
Angle rentrant minimal	800m

X.5.3 Profil en travers

Les largeurs des composantes du profil en travers sont les suivants :

Pour une route unidirectionnelle :

Tableau X-3 : largeurs des composantes du profil en travers (ICTAAL échangeur2013).

Elément	Largeur (m)
Chaussée	3.5m
Bande dérasée gauche BDG	0.5 m
Bande dérasée droite BDD	1 m
Berme	1m

Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une surlargeur de 50/R par voie est à introduire

X.5.4 Pente transversale

Le profil d'une chaussée unidirectionnelle est constitué d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau X-4 : variation des dévers en fonction des rayons (ICTAAL échangeur2013).

Elément	Rayon (m)	Valeur du devers (%)
Alignement ou rayon > Rnd	AD ou R ≥ 300	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé R < Rnd	100 < R < 300	Variation en 1/R entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	R ≤100 m	7 %

X.5.5 Visibilité

Visibilité sur l'entrée de l'autoroute :

La visibilité sur l'entrée de l'autoroute est au moins égale à la distance d'arrêt. La distance d'arrêt est la somme de la distance de freinage dans les conditions conventionnelles de l'état des pneus et chaussée mouillée, et la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction (2 secondes).

$$da=\frac{\gamma^2}{2g(\gamma(v)+\rho)}+2V$$

- V en m/s ;
- $\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

D'après l'ICTAAL échangeur, **da** = 195m pour la vitesse de 110 km/h.

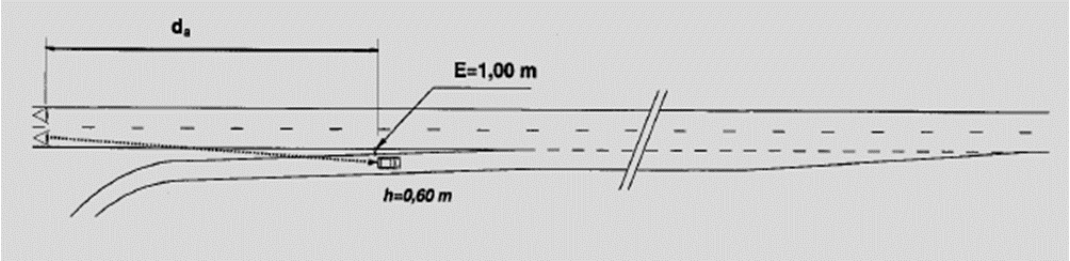


Figure X-3 Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute

Visibilité sur la sortie de l'autoroute :

- La distance de manœuvre en sortie (**dms**) correspond à la distance parcourue durant 6 secondes

dms=6V (V en m/s).

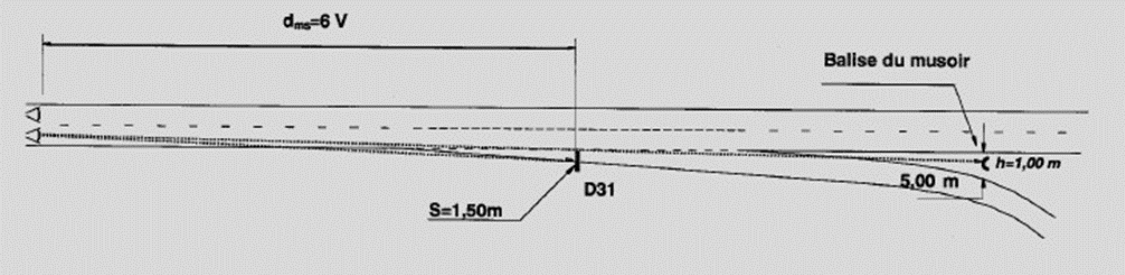


Figure X-4: Règle de visibilité sur une sortie d'autoroute

Distance De Visibilité Sur marquage :

dvm= 3V (V en m/s)

Distance de lecture (lc) :

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

Lc=5V avec V en (m/s)

X.6 Application du projet

Pour le présent cas, l'échangeur va assurer la liaison entre l'autoroute est-ouest et la pénétrante du Cherchell par une trompette.

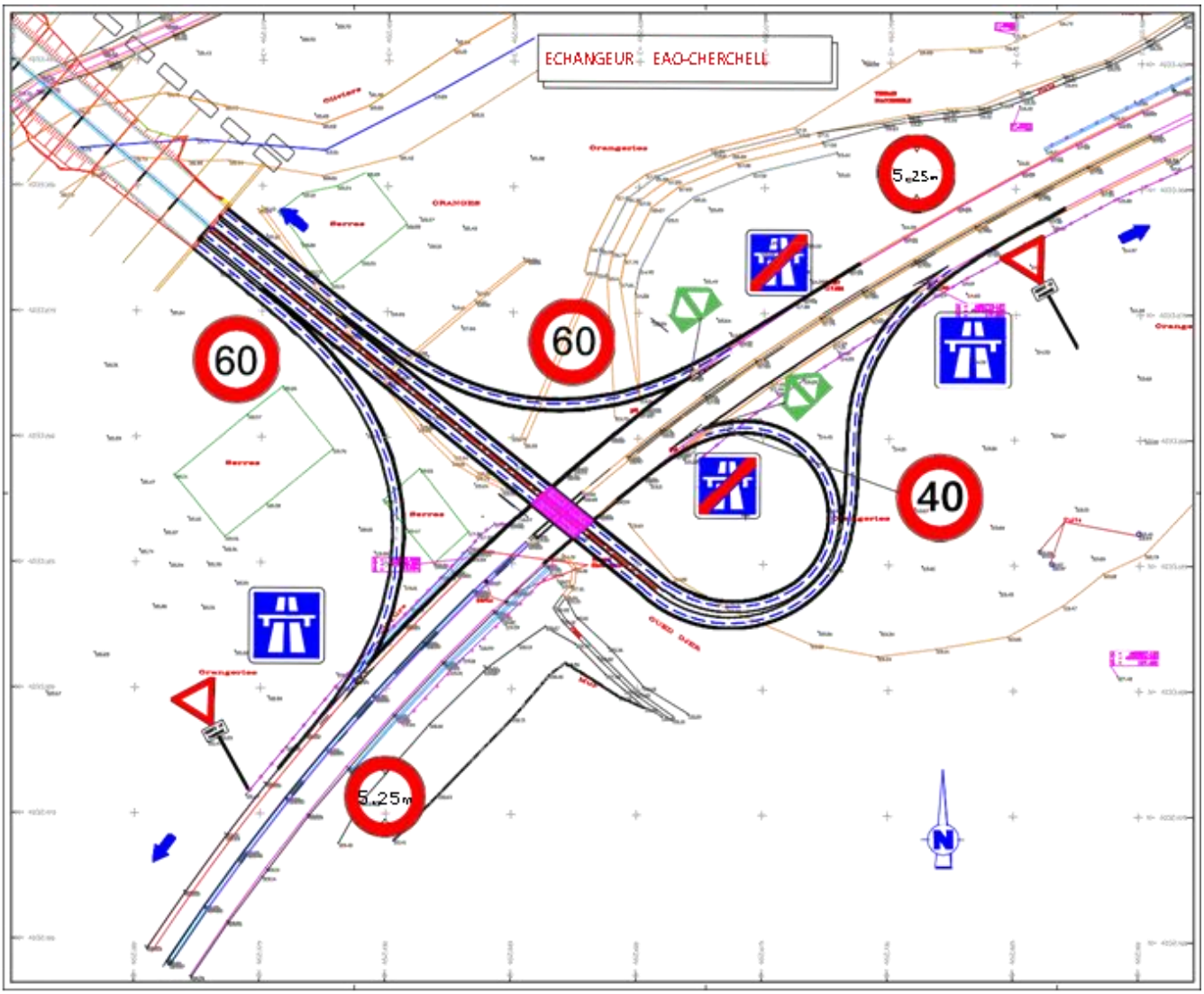


Figure X-5: tracé en plan de l'échangeur EAO – CHERCHELL type trompette.

Chapitre XI :
Ouvrage d’art

XI. Ouvrage d'art

XI.1 Introduction

Un ouvrage d'art permet à une voie de circulation le franchissement d'un oued ou un site très accidenté, il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur route, voies ferrées.

Dans le cas général, un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles). Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

XI.2 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 express doivent respecter un gabarit de 5.25m ;
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m ;
- Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 6.2 m.

XI.3 Description des ouvrages à réaliser

Le tracé à son passage compte un nombre important d'ouvrages d'art :

Tableau XI-1 : Représentation et emplacement des ouvrages d'art

Présentation de l'ouvrage	**PK**
Passage supérieur / RN 42	31+800
Passage inférieur CV	37+175
Passage inférieur Voie ferrée opérationnelle + Voie ferrée à projeter (Ouvrage jumelés)	38+725 38+800
Ouvrage de franchissement d'oued Djer (à supprimer)	Au niveau de l'échangeur
OA pour l'échangeur Au niveau de l'AEO	39+500
Viaduc 1	34+400 - 34+875
Viaduc 2	35+500 - 36+750
Viaduc 3	37+150 - 37+800
Viaduc 4	38+075 - 39+251

Remarques :

- Suite à une proposition d'une déviation d'oued Djer de son cours actuel, on élimine l'ouvrage de franchissement d'oued djer .
- Le passage inférieur de la route CV au PK 37+175 et le viaduc 3 du PK 37+150 au PK 37+800 seront jumelés à un seul ouvrage d'art → (viaduc 3).
- Les ouvrages d'art sur la voie ferrée opérationnelle au PK38+725 et la voie ferrée à projeter au PK 38+800 et le viaduc 4 du PK 38+075 au PK 39+251 seront jumelés à un seul ouvrage d'art → (Viaduc4).

Alors on obtient les ouvrages suivants :

Tableau XI-2 : Les ouvrages d'art au niveau du tracé

OA N°	Désignation	Longueur (m)	Hauteur moyenne (m)
1	Passage supérieur RN 42	20	5,25
2	Viaduc 1	475	7,5
3	Viaduc 2	1250	14,6
4	Viaduc 3	650	12,80
5	Viaduc 4	1176	13,40
6	OA pour l'échangeur Au niveau de l'AEO	32	5,25

Chapitre XII :
Signalisation et Eclairage

XII. Signalisation et Eclairage

XII.1 Signalisation

XII.1.1 Introduction

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route, elle désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés le long de la route, elle est destinée à assurer la sécurité des usagers, en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation.

Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XII.1.2 Application au projet

La signalisation utilisée pour notre route est

Signalisation horizontale

Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans ce projet sont :

Tableau XII-1 types de marquages longitudinaux

Type	Désignation
Continue	Délimitant les chaussées et le TPC
Discontinue T1	Délimitant les différentes voies.
Discontinue T4	Délimitant les BAU

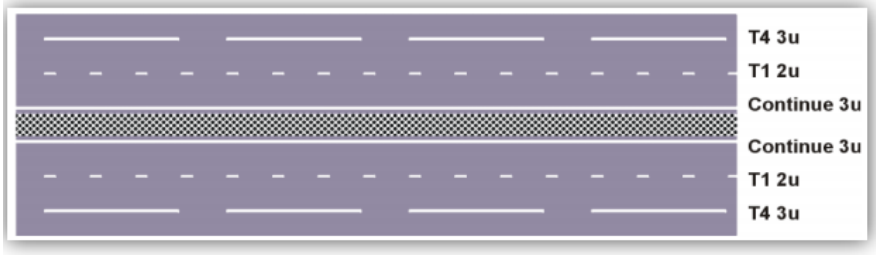


Figure XII-1: les marquages longitudinaux

- Voies d'accélération

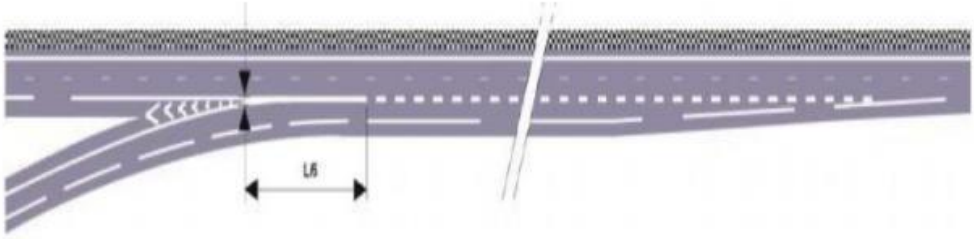


Figure XII-2 : marques sur voie d'accélération

✓ Voies de décélération

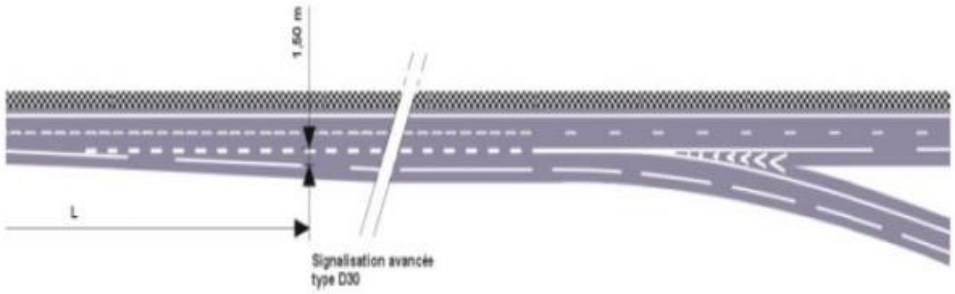


Figure XII-3 : marques sur voie de décélération

✓ Flèches de sélection

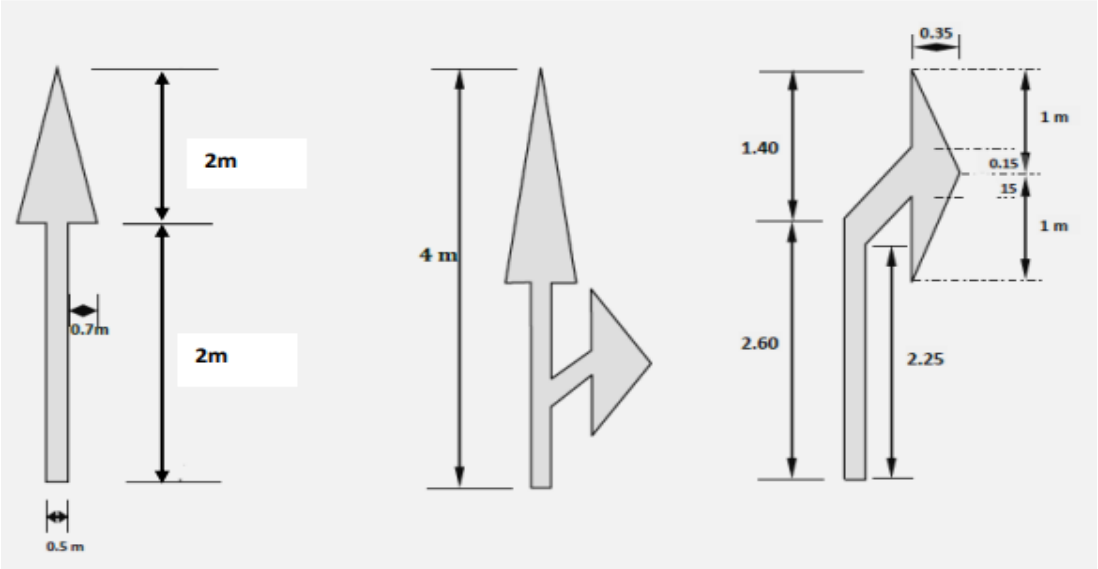


Figure XII-4 : Flèches de sélection.

✓ Flèche de rabattement

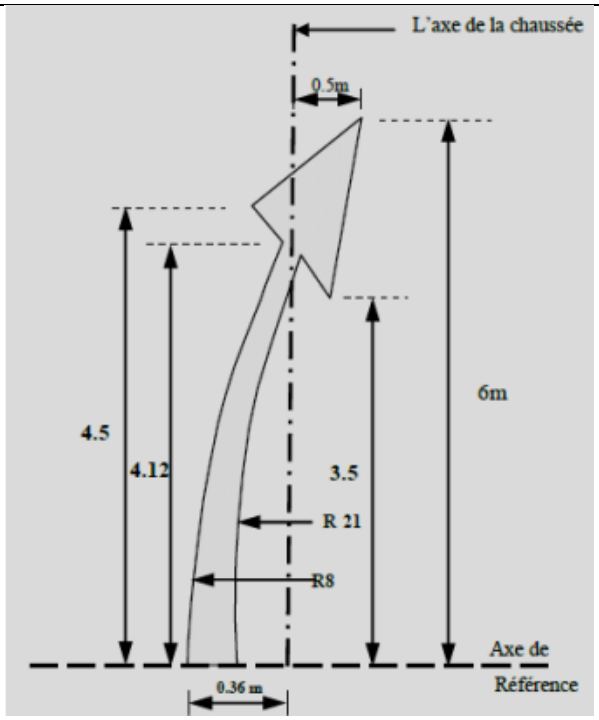


Figure XII-5 : Flèche de rabattement.

Signalisation verticale :

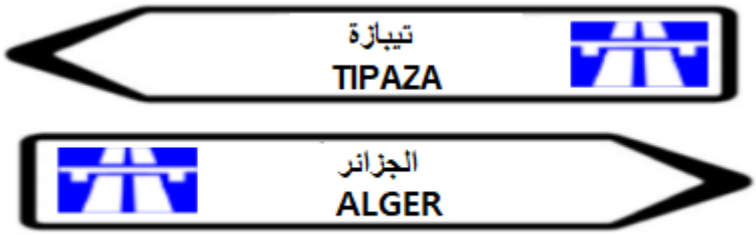
- ✓ **Signalisation de danger**



- ✓ **Signalisation d'interdiction ou de restriction**



✓ **Signalisation de direction**





✓ **Panneaux de pré signalisation**



✓ **Autres signalisations**

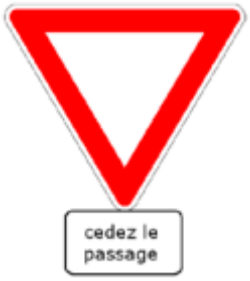




Sortie / Entrée d'autoroute



Balise de virages





XII.2 Eclairage

XII.2.1 Introduction

L'éclairage public est un élément essentiel qui intervient à la fin des travaux c'est l'ensemble des moyens d'éclairage mise en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordures des voiries et places publics permettant aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

XII.2.2 Catégorie d'éclairage

On distingue quatre catégories :

• Catégorie A : éclairage général d'une route ou une autoroute.

• Catégorie B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).

• Catégorie C : éclairage des voies de cercle.

• Catégorie D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé.

XII.2.3 Paramètres de l'implantation des luminaires

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

• La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

• La largeur (l) de la chaussée.

• La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

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

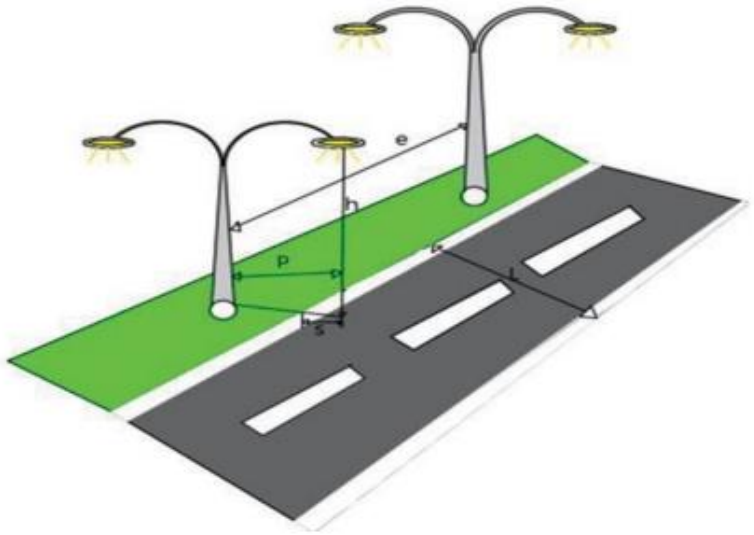


Figure XII-6 : Paramètres de l'implantation des luminaires

XII.2.4 Application au projet

- **Pour la pénétrante :**

Pour l'éclairage de la pénétrante autoroutière des lampadaires sont implantés dans le terre plein central espacés de 30 m au niveau des tronçons traversant les agglomérations.

- **Pour l'échangeur :**

Pour l'éclairage de l'échangeur, des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

Chapitre XIII :
Etude d’impact sur l’environnement

XIII. Eude d'impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction

L'impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement.

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

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

Les projets d'infrastructures sont, par nature, susceptibles d'impacter l'environnement, directement par la fragmentation et la consommation d'espace, mais aussi indirectement par leur exploitation et leurs effets induits. L'analyse des impacts d'un projet permet d'anticiper et d'évaluer ces changements afin de les intégrer dans la gestion du projet.

Le présent chapitre étudie l'impact de notre liaison autoroutière sur son environnement et les solutions proposées pour gérer les risques induits par cette conception.

XIII.2 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990.

Une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet.
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.
- Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

XIII.3 Objectifs

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

Cette étude vise à :

- Disposer toutes les informations sur site d'implantation de projet.
- Évaluer correctement toutes les interactions entre le site (milieu naturel et humain) et son activité qui est susceptible d'agresser et dégrader le milieu naturel
- Savoir aussi si le milieu va avoir des effets négatifs sur le projet.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

- Préserver les conditions de vie des générations futures.
- Préserver les espèces végétales et animales.

XIII.4 Méthodologie de l'étude

L'Etude d'impact sur l'environnement pris en charge les phases suivantes :

- La description et contenu du projet par un bureau d'étude.
- Cadre juridique et réglementaire de l'étude d'impact sur l'environnement.
- L'étude d'impact sur l'environnement qui comporte :

a- Analyse de l'état initial du site.

b- Études des impacts sur l'environnement.

c- Mesures réductrices et préventives contre les différents impacts négatifs.

XIII.5 Analyse de l'état initial de la zone d'étude

Il s'agit de la délimitation de la zone d'étude et la description des différentes composantes de milieu.

Implantation du projet :

Le projet de la liaison reliant le Port de Cherchell à l'Autoroute Est Ouest avec une bretelle vers la gare ferroviaire d'El Affroun, est localisé administrativement dans les limites des wilayas de Blida et Tipaza.

Du PK 27+000 au PK 37+000, la zone d'étude est limitée :

- Au nord par la paline de Sidi Rached ;
- Au sud par Oued Djer ;
- A l'est par Ahmeur El Ain ;
- A l'ouest par Meurad et Djbel Affroun.

Relief et topographie :

Le contexte naturel de la zone d'etude est caractérisé principalement par :

- L'ensemble montagneux : mont de Dahra, qui s'étend d'oued Djer à l'est à l'embouchure de Chelif à l'ouest.
- La plaine de la Mitidja
- La vallée d'oued Djer ; à la fin de la zone d'étude s'étale la plaine alluviale d'oued Djer, c'est une zone représentée par une forte aptitude agricole.

Climat :

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen à été chaud et sec et à hiver doux et humide.

Hydrologie :

La zone d'étude est traversée principalement par le bassin versant d'oued Djer.

Dans les limites territoriales de la zone d'étude, les principales potentialités hydriques souterraines sont contenues dans l'aquifères de la Mitidja qui s'étend pratiquement sur l'ensemble de la plaine. Ce système comporte deux nappes :

- La nappe phréatique qui se loge dans les alluvions quaternaires.
- La nappe profonde dans les grés.

XIII.6 Identification des impacts du projet

On a deux types d'impacts sur l'environnement : des impacts positifs et des impacts négatifs.

XIII.6.1 Impacts positifs

Plusieurs effets sont considérés comme des impacts positifs du projet, Les effets les plus attendus sont :

- L'amélioration des conditions de circulation.
- Le développement du réseau routier de la wilaya de Tipaza.
- Amélioration des conditions de transport, la réduction des coûts de transport (gain du temps, sécurité, carburant …).
- Les impacts en termes d'emploi : grâce à la forte demande en main d'œuvre lors de la phase de chantier.
- Les impacts socio-économiques comme les activités industrielles locales et régionales pourront être sollicitées lors de la phase construction.
- Le développement du tourisme dans la région

XIII.6.2 Impacts négatifs

▪ Pollution de l'eau

Les projets routiers peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

La perturbation temporaire des écoulements existants est inévitable pendant la phase de construction.

Les principaux polluants des cours d'eaux sont :

- Déchets liquides : Il s'agit essentiellement des eaux sanitaires ou bien des déchets de la base de vie, les rejets accidentels, le nettoyage du matériel, des déchets liquides dangereux (peinture, les produits anticorrosifs, etc.).
- Et déchets solides : les déchets de construction (béton, matériau, emballage, etc.).

Le principal effet direct de ces pollutions sur la santé est le risque de contamination des eaux exploitées (eau potable, irrigation) par déversement au sol et infiltration vers les nappes souterraines pompées pour l'alimentation en eau ou directement dans les eaux superficielles.

L'oued le plus important traversés par le tracé est Oued Djer, ce dernier nécessitent une attention particulière.



Figure XIII-1 Oued Djer



Figure XIII-2 pollution d'Oued Djer

Mesure

Les solutions recommandées sont les suivantes :

- Mise en place d'une unité de traitement provisoire de type pour collecter les eaux des plates-formes par des fossés périphériques et traitées avant rejet vers le milieu extérieur.
- Installation des bases de vies en dehors des zones humides et éloignées des cours d'eau.

- Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique
- Nettoyage régulier des abords de chantier.
- Des aires spécifiques doivent être réservés et aménagées pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés et cela pour limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux.
- Les écoulements et les oueds traversés par le tracé nécessiteront des aménagements soit en ouvrages hydrauliques ou des ouvrages courants (dalots et buses). Le franchissement des oueds importants doit être assuré par des ouvrages d'art (ponts ou viaducs).
- Bassin déshuileur :

Le déshuilage a pour but de piéger les huiles et les hydrocarbures, mais en règle générale on récupéra tout corps non miscibles à l'eau et de plus faible densité

Il sert donc à l'épuration des eaux de ruissellement polluées avant leurs rejets dans le milieu naturel (les cours d'eau ou le sol).

- Pour la protection des cours d'eau dans le périmètre d'influence du projet, contre la pollution par les eaux de ruissèllement de la chaussée.
- Déviation des oueds : La construction de la liaison autoroutière nécessite la déviation d'oued djer

Tableau XIII-1 : Oued à dévier

Oued à dévier	Localisation	Raison de déviation
Oued Djer	Au niveau de l'échangeur AEO	✓ Préserver les ressources hydriques ✓ -Minimiser le nombre d'ouvrages d'art et ainsi le coût du projet

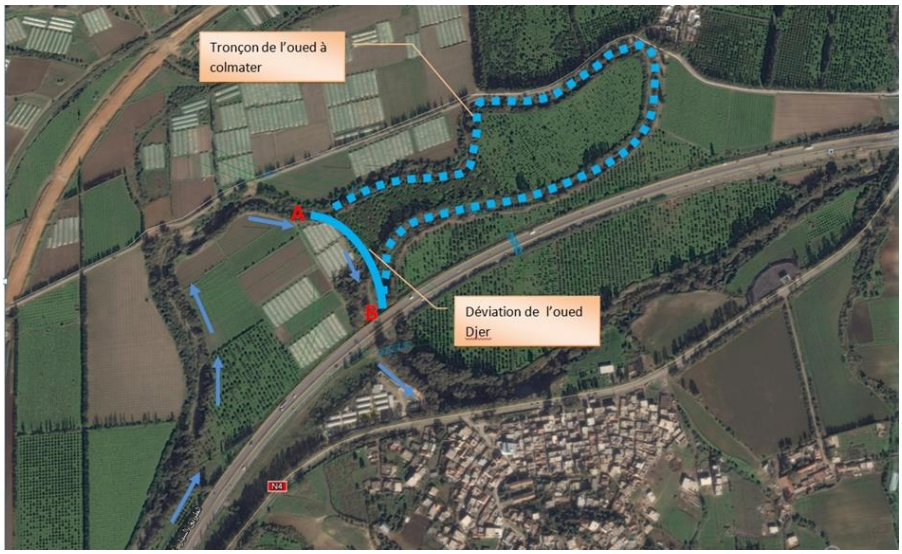


Figure XIII-3 Déviation d'oued Djer

▪ Pollution de l'air

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

Mesure

Plusieurs solutions peuvent être envisagées afin de limiter ces impacts :

- ✓ L'arrosage du sol et notamment des voies de circulation, néanmoins il devra être pratiqué avec modération afin de limiter la consommation en eau.
- ✓ Réduire la vitesse de déplacement des engins sur le chantier en période sèche.

▪ Effets sur la faune et la flore

a- La faune

La faune de la zone d'étude est principalement représentée par l'avifaune (oiseaux) et quelques mammifères terrestres tels les lièvres, le loup et le sanglier.

Impacts

- ✓ D'un dérangement pour la faune terrestre ou semi-aquatique lié au bruit des travaux (creusage de la tranchée dans l'emprise et l'aménagement du terrain) et à la circulation des engins de chantier et des camions entraînant un déplacement temporaire de certaines espèces vers des endroits plus calmes.
- ✓ La mortalité des espèces par collision
- ✓ Perturbation des mouvements des animaux.
- ✓ Destruction ou modification d'habitat faunistique.
- ✓ La migration forcée de certaines espèces des animaux à cause de la perturbation de leurs habitats.

Mesures

- ✓ Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique.
- ✓ La création des passages à faune appropriés selon les types des animaux de la région diminue les risques de mortalité (passage inférieur).
- ✓ La pose des barrières (clôtures anti-intrusion en fil de fer (grillage) de part et d'autre) pour la faune le long des forêts et les zones caractérisées par une richesse importante en espèces Faunistiques.



Figure XIII-4 : clôtures anti-intrusion

b- La flore

Impacts

- ✓ L'impact sur le couvert végétal consiste principalement à l'abattage ou à l'arrachage de certaines espèces d'arbres, des forêts traversées par le tracé, et des zones agricoles et des zones agricoles
- ✓ Modification de la couverture végétale.
- ✓ Les risques de pollution des formations végétales par les émissions atmosphériques des moteurs des véhicules qui provoquent des maladies graves et la mortalité des formations floristiques.

Le dégagement des emprises nécessite le débroussaillement du site. L'élimination de la végétation de surface reste bien entendu inévitable.

Mesures

- ✓ Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique.
- ✓ Eviter le maximum de passer par les forêts et les zones riches en végétation.
- ✓ Les terres végétales découpées lors des terrassements doivent être exploitées le maximum de part et d'autre de la chaussée ; dans la terre plein centrale (TPC) ou dans des travaux d'aménagement des espaces verts, aires de repos et des zones touristiques.

▪ Effet sur l'activité agricole

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable.

La région traversée par le projet présente des caractéristiques très favorables aux rendements agronomiques. Ces terres conviennent à tout type de culture, maraichage, arboriculture et vignoble.

Le foncier agricole est constitué d'exploitations agricoles collectives (EAC) et individuelles (EAI). Et un périmètre irrigué important.

L'ensemble des impacts sur l'agriculture sont :

- ✓ Une perte significative en superficies agricoles.
- ✓ Des perturbations du réseau d'irrigation.
- ✓ L'effet de la modification du régime agricole.
- ✓ Effet de coupure, d'isolement des parcelles, d'allongement des parcours et donc un ralentissement des productions et une baisse des revenus des exploitants.
- ✓ Ajoutant à cela la pollution qui peut affecter la qualité des terres agricoles et les cours d'eau qui passent à proximité.
- ✓ Artificialisation du paysage naturel.

Il y a aussi des impacts sur les sols :

- La perte des sols par décapage de l'emprise.
- L'accentuation des phénomènes d'érosion et de tassement des sols.

Mesures

- ✓ Mesures compensatoires : des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.
- ✓ La végétalisation des abords de l'infrastructure pour limiter la propagation des polluants vers les terres agricoles situées de part et d'autre de l'infrastructure, en plus cette végétalisation stabilise le sol et jeu le rôle d'écran acoustique naturel.
- ✓ La construction des ouvrages de dépollution des eaux de ruissèlement de la chaussée.



Figure XIII-5 : Vue aérienne des terrains agricoles traversés par le tracé.

Impacts sur les habitants

▪ **Le bruit**

Le bruit est lié exclusivement à la circulation routière, il a pour origine les moteurs des véhicules. Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules et les poids lourds, sans oublier celui causé par les engins lors de la construction.

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé

-Perte de sommeil.

-La fatigue

-Baisse de l'acuité auditive.

Selon la réglementation Algérienne en vigueur, notamment le Décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits : Les niveaux sonores maximums admis dans les zones d'habitation et dans les voies et lieux publics ou privés sont de 70 décibels (dB) en période diurne (de 06 heures à 22 heures) et de 45 décibels (45 dB) en période nocturne (22 heures à 6 heures)

Le seuil de tolérance des nuisances sonores est de 65 dB le jour et de 45 dB la nuit, dans les zones affectées, c'est-à-dire, les zones situées dans une bande de100 m de part et d'autre de la chaussée.

Mesures

S'il y a plusieurs moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier, on cite :

- ✓ Réduction de la vitesse.
- ✓ Isolation des bâtiments.
- ✓ L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation (Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit : particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie).
- ✓ Construction des murs antibruit.
- ✓ Construction des buttes de terre (merlon) : Ce type d'ouvrage est utilisé pour la protection des habitations, dans le milieu rural des nuisances sonores. Cette solution est très naturelle (construite en terre et végétalisée) .

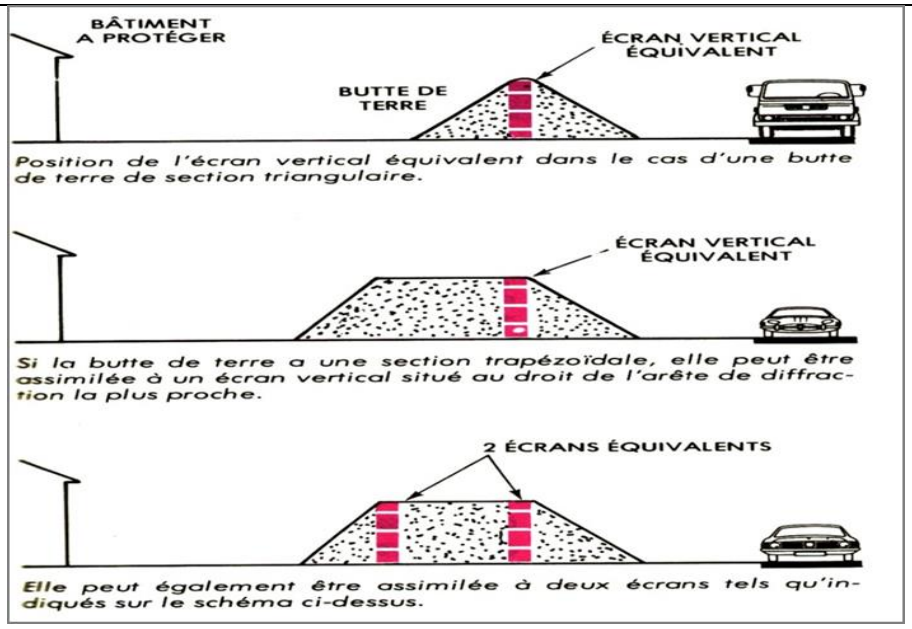


Figure XIII-6 : Schéma illustratif de la butte de terre Antibruit.

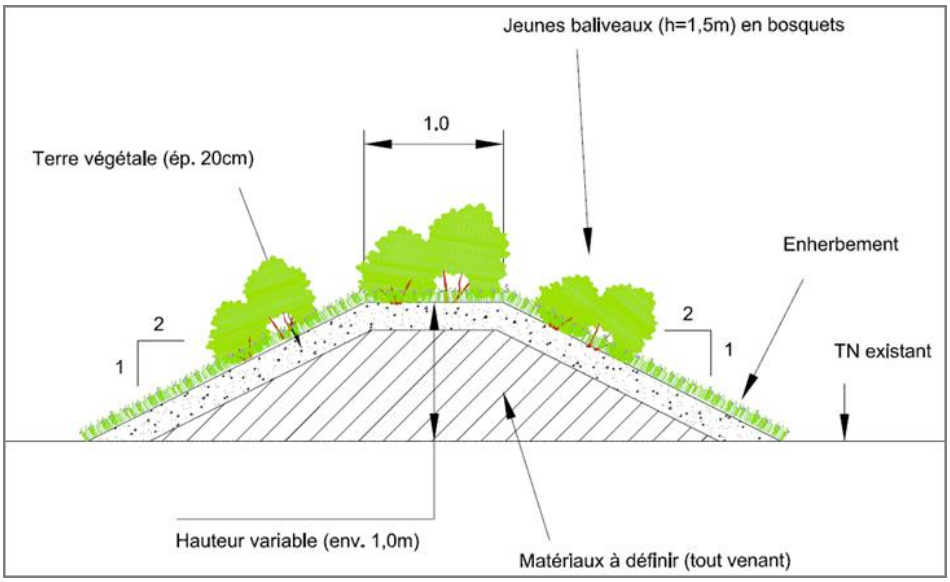


Figure XIII-7 : Coupe transversale d'un merlon végétalisé.

Et pour les nuisances sonores en phase de travaux, on prend les mesures suivantes :

- ✓ La circulation des engins sera limitée, dans des horaires bien définis.
- ✓ Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence.
- ✓ L'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit.

▪ **La sécurité**

Lorsqu'un tronçon routier traverse une agglomération, il faut prendre en compte le risque potentiel des piétions qui peuvent traverser la voie.

Mesures

- Implanter des passerelles aux niveaux des agglomérations.
- Implanter des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit :

- ✓ Réduire la vitesse au niveau des points singuliers.
- ✓ Implanter des panneaux de signalisation.

Impact sur le paysage

Les deux composants qui marqueront le paysage sont :

- Les déblais et les remblais du passage de l'infrastructure.
- Les ouvrages prévus.

Dans cette zone de caractère géomorphologique vallonné, le passage de l'infrastructure engendrera des dommages sur le paysage.

La perception de ces dommages est plus importante au niveau des échangeurs car la cicatrice prend des ampleurs en planimétrie et en altimétrie.

Mesures

Le bon choix du tracé, on évitant les grands terrassements (déblais, remblais)

XIII.7 Conclusion

Ce projet traverse une région montagneuse, il englobe des zones d'habitation, des zones végétales et des réseaux hydrauliques, donc il est nécessaire de prendre en considération ses effets sur ces zones.

La réalisation de n'importe quel projet routier engendre des effets préjudiciables sur le milieu nature mais ces effets sont minimes par rapport aux avantages que cette route va offrir. Le défi c'est d'intégrer la pénétrante dans l'environnement avec le minimum d'impacts négatifs et tout en préservant les ressources naturelles.

Chapitre XIV :
Devis quantitatif et estimatif

XIV. Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1. Installation du chantier					
1.1	Installation du chantier	Forfait	/	3% (2+3+4)	12 403 219,41
Total (1) :					12 403 219,41
2. préparation du terrain					
2.1	Dégagement de l'emprise	m^2	453287	900	407 958 300
Total (2) :					407 958 300
3. Terrassement					
3.1	Décapage de la terre végétale e= (20 cm)	m^3	269670,3	400	107 868 120
3.2	Déblai mise en dépôt	m^3	2566488,6	800	2 053 190 880
3.3	Déblai mise en remblai	m^3	202848,1	650	131 851 265
3.4	Remblai en provenance d'emprunt	m^3	56133,5	1200	67 360 200
Total (3) :					2 360 270 465
4. Chaussée					
4.1	mise en place d'une couche de forme (Tuf) 60 cm	m^3	245168,9	1 200	294 202 680
4.2	Couche de fondation et couche de base en (GB 2,2 t/m3)	T	89100	7 100	632 610 000
4.3	couche de roulement (BB 2,3 t/m3)	T	61226,23	7 000	428 583 610
4.4	Matériaux de berme en (GNT)	m^3	8135,2	1 000	8 135 200
4.5	Couche d'imprégnation en émulsion 700 à 800g/m2	T	231,5439	8 000	1 852 351,2
4.6	Couche d'accrochage (200 à 300 g/m2)	T	132,3108	6 000	793 864,8
Total (4):					1 439 728 376
5. Assainissement					
5.1	Fossés trapézoïdaux en béton	Ml	6806	4 000	27 224 000
5.2	Buse Φ =1000 mm	Ml	34,23	1 2000	410 760
5.3	Buse Φ 1200 mm	Ml	35,82	2 5000	895 500
5.4	Buse Φ 1500 mm	Ml	33,51	35 000	1 172 850
5.5	Dalots en béton armé dosé 350 kg/m3	m^3	600,1607	50 000	30 008 035
Total (5):					59 711 145
6. Ouvrage d'art					

6.1	Ouvrage d'art	m2	113632	150 000	17 044 800 000
Total(6):					17 044 800 000
7. Eclairage, signalisation et équipement routiers					
7.1	Eclairage, signalisation et équipement routiers	Forfait	/	5% (4)	6 830 888,53
Total (7) :					6 830 888,53
8. Impact sur l'environnement					
8.1	Impact sur l'environnement	Forfait	/	3% (2+3+4)	12 403 219,41
	Total (8):				12 403 219,41
9. Contrôle (Bureau d'Etudes et Laboratoire)					
9.1	Contrôle	Forfait	/	2% (2+3+4)	8 268 812,942
Total (9):					8 268 812,942
Totale					21 219 112 611
TVA (19%)					4 031 631 396
Totale général (TTC)					**25 250 744 007**

On a estimé que le projet va couter à peu près : Vingt-cinq milliards deux cent cinquante millions sept cent quarante-quatre mille sept dinars algériens avec toutes taxes comprises.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude a été une opportunité de bénéficier de l'expérience des professionnels du domaine et d'acquérir une méthodologie rationnelle pour élaborer des projets dans le domaine des travaux publics en général, et un projet routier en particulier.

Dans la démarche d'étude on a bien respecté les normes imposées par l'ICTALL (L2) régissant la conception de la route.

Notre premier objectif a été de contourner les principales contraintes posées sur le terrain tout en prenant en considération en première lieu la sécurité et le confort des usagers et en seconde lieu l'aspect économique.

De plus ce travail a été une occasion de bien maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : AUTOCAD, COVADIS, ALIZE, GLOBAL MAPPER,

GEO5 (GEOSTRUCTURAL ANALYSIS).

Finalement, grâce à ce projet qui était une première étape pour entrer dans le monde du travail, on a appris à gérer les problèmes techniques auxquels nous serons confrontées sur le terrain.

Bibliographie

- L'ICTAAL Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (SETRA 12 Décembre 2000).
- COMPLEMENTS à l'ICTAAL : Les échangeurs (12 décembre 2000).
- Manuel de projet de route de Mr GOUMETRE AHMED & Mme KALLI FATIMA.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. fascicule 1, 2, 3. Ministère des Travaux Publics /(CTTP). 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR SETRA – 1994.
- Assainissement Routier – Guide technique. SETRA.
- L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – généralités
- L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de Danger, Août 2009.
- L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de prescription, Août 2009.
- L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation d'indications et des services, Aout 2009.
- L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Marquage sur chaussée, Août 2009.
- L'instruction interministérielle relative à la signalisation de direction, édition mars 1982.
- Cours Enstp 1ère et 2ème année de route de M. KARA BENCHOHRA.
- Cours Enstp 2 ème année de géotechnique routière Mme DERRICHE FATIMA ZOHRA.

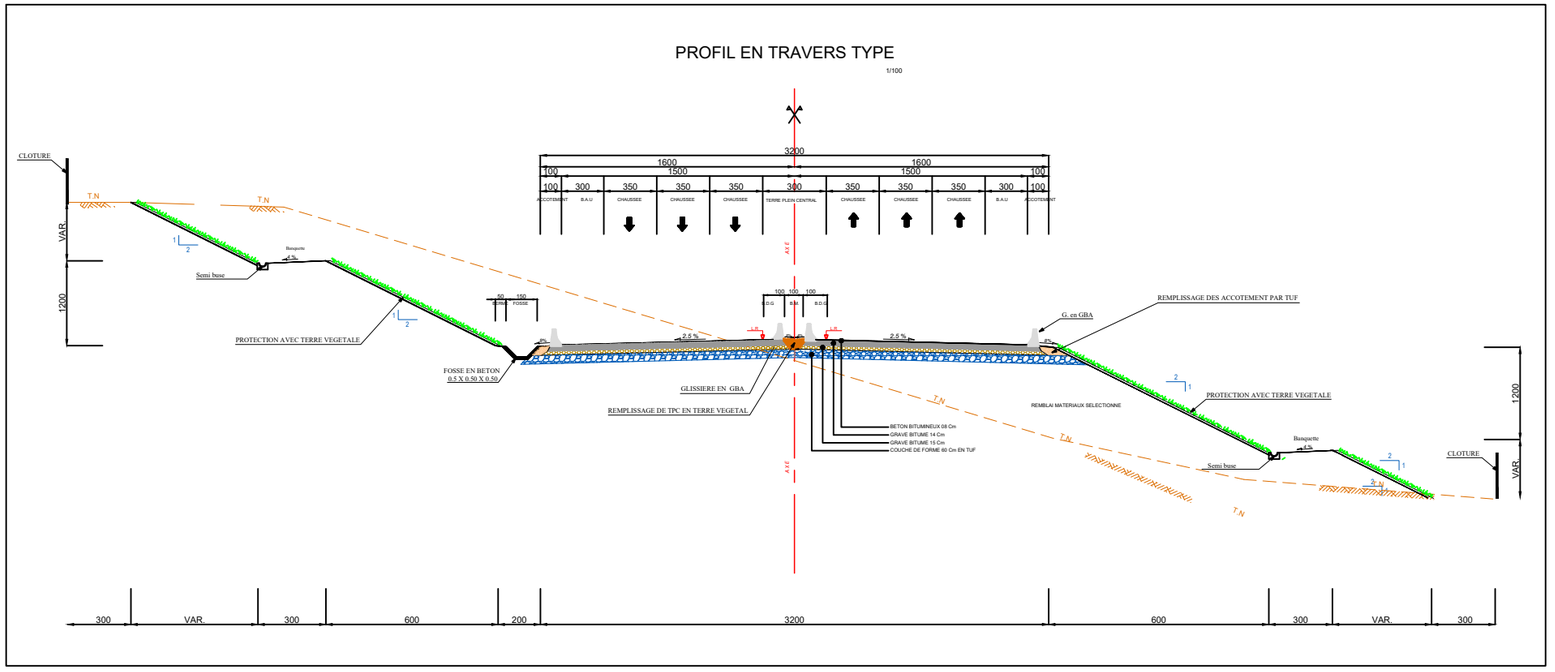
- Cours Enstp 1ère et 2 ème année d'Assainissement de M. RAHMANI.
- Site internet :

Site web : wikipedia.com

Site web : (www.setra.com)

PROFIL EN TRAVERS TYPE

1/100



Cubatures récapitulatif

Matériau	Remblais	Déblais	c. de roulement BB	C.base et C. de fondation GB	c. de forme TUF	Berme GNT
Volume (m3)	285981,6	2769336.7	26620.1	101258.3	245168.9	8135.2

Axe En Plan

Nom du dessin	DU PK 27 AU 37 CHERCHELL ECHANGEUR edité3.dwg
Nom de l'axe	Cherchell - Axe Cherchell
Table associée	Aucune...
Date du listing	10/06/2023 à 01:48:00

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	119.16gr	3148,003	27000,000	453686,740	4040138,744
Clothoïde 1	Paramètre	-223,875	100,240	30148,003	456693,294	4039205,711
Arc 1	Rayon	-500.000 m	298,441	30248,243	456787,942	4039172,834
	Centre X	456592.704 m				
	Centre Y	4038712.527 m				
Clothoïde 2	Paramètre	223,875	100,240	30546,684	457012,907	4038983,506
Droite 2	Gisement	169.92gr	774,457	30646,924	457061,464	4038895,863
Arc 2	Rayon	-1000.000 m	458,877	31421,380	457413,947	4038206,270
	Centre X	456523.524 m				
	Centre Y	4037751.134 m				
Droite 3	Gisement	199.13gr	1408,321	31880,258	457523,431	4037764,781
Arc 3	Rayon	1000.000 m	1294,823	33288,579	457542,651	4036356,591
	Centre X	458542.558 m				
	Centre Y	4036370.238 m				
Droite 4	Gisement	116.70gr	2211,021	34583,401	458283,230	4035404,449
Arc 4	Rayon	-1000.000 m	440,747	36794,423	460418,610	4034831,069
	Centre X	460159.282 m				
	Centre Y	4033865.280 m				
Droite 5	Gisement	144.76gr	2016,379	37235,170	460805,848	4034628,139
				39251,548	462344,060	4033324,419
Longueur totale de l'axe 12251.548 mètre(s)						

Annexe : Profil En Long Projet

Nom du dessin	DU PK 27 AU 37 CHERCHELL ECHANGEUR edité3.dwg
Nom de l'axe	Cherchell - Axe Cherchell
Table associée	Aucune...
Date du listing	10/06/2023 à 01:53:57

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.50 %	1818,582	27000,000	89,795
Parabole 1	Rayon	10000.000 m	100,000	28818,582	80,702
	Sommet Absc.	28868.582 m			
	Sommet Alt.	80.577 m			
Pente 2	Pente	0.50 %	620,997	28918,582	80,702
Parabole 2	Rayon	-10000.000 m	185,451	29539,579	83,807
	Sommet Absc.	29589.579 m			
	Sommet Alt.	83.932 m			
Pente 3	Pente	-1.35 %	418,124	29725,030	83,015
Parabole 3	Rayon	12000.000 m	222,541	30143,154	77,351
	Sommet Absc.	30305.696 m			
	Sommet Alt.	76.250 m			
Pente 4	Pente	0.50 %	448,739	30365,696	76,400
Parabole 4	Rayon	12000.000 m	80,603	30814,435	78,644
	Sommet Absc.	30754.435 m			
	Sommet Alt.	78.494 m			
Pente 5	Pente	1.17 %	641,078	30895,038	79,318
Parabole 5	Rayon	11000.000 m	77,769	31536,116	86,829
	Sommet Absc.	31407.229 m			
	Sommet Alt.	86.074 m			
Pente 6	Pente	1.88 %	684,740	31613,884	88,015
Parabole 6	Rayon	11000.000 m	396,511	32298,624	100,879
	Sommet Absc.	32091.969 m			
	Sommet Alt.	98.938 m			
Parabole 7	Rayon	-10000.000 m	306,650	32695,134	115,475
	Sommet Absc.	33243.467 m			
	Sommet Alt.	130.508 m			
Pente 7	Pente	2.42 %	743,812	33001,785	127,588
Parabole 8	Rayon	10000.000 m	334,551	33745,597	145,565
	Sommet Absc.	33503.915 m			
	Sommet Alt.	142.644 m			
Pente 8	Pente	5.76 %	66,735	34080,148	159,246
Parabole 9	Rayon	-10000.000 m	6,234	34146,883	163,092
	Sommet Absc.	34723.117 m			
	Sommet Alt.	179.694 m			
Pente 9	Pente	5.70 %	675,516	34153,117	163,449
Parabole 10	Rayon	-10000.000 m	414,675	34828,632	201,953
	Sommet Absc.	35398.632 m			
	Sommet Alt.	218.198 m			
Pente 10	Pente	1.55 %	55,445	35243,307	216,992
Parabole 11	Rayon	-10000.000 m	487,433	35298,752	217,853
	Sommet Absc.	35454.078 m			
	Sommet Alt.	219.060 m			
Pente 11	Pente	-3.32 %	88,761	35786,185	213,545

Parabole 12	Rayon	12000.000 m	458,529	35874,946	210,597
	Sommet Absc.	36273.476 m			
	Sommet Alt.	203.979 m			
Pente 12	Pente	0.50 %	534,688	36333,476	204,129
Parabole 13	Rayon	-10000.000 m	450,000	36868,164	206,803
	Sommet Absc.	36918.164 m			
	Sommet Alt.	206.928 m			
Pente 13	Pente	-4.00 %	1933,385	37318,164	198,928
				39251,548	121,592
Longueur totale de l'axe 12251.548 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 12256.239 mètre(s)					

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : PFE
Part : Etude de stabilité pénétrente de Cherchell
Description : Profil 324 PK 35+075
Customer : Enstp
Author : Allali Maroua
Date : 24/05/2023
Project ID : 01/2023
Project number : 01

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Safety factors			
Seismic design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,00	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-75,00	31,00	75,00	31,00		
2		-75,00	25,00	75,00	25,00		
3		-75,00	18,50	75,00	18,50		
4		-75,00	0,00	75,00	0,00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Marne argileuse schisteuse		19,00	23,00	21,00
2	Marne argileuse		22,00	48,00	21,00
3	Argile Marneuse		31,00	15,00	21,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	Marne argileuse schisteuse		21,00		

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
2	Marne argileuse		21,00		
3	Argile Marneuse		21,00		

Soil parameters

Marne argileuse schisteuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 19,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 23,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

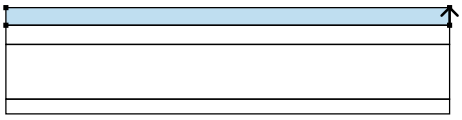
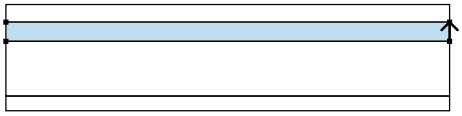
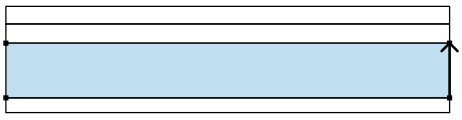
Marne argileuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 22,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 48,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

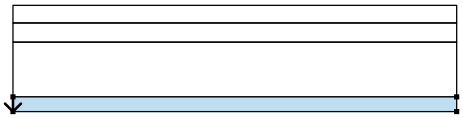
Argile Marneuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 31,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 15,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		75,00	25,00	75,00	31,00	Marne argileuse schisteuse
		-75,00	31,00	-75,00	25,00	
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		-75,00	25,00	-75,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		-75,00	18,50	-75,00	0,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
4		-75,00	0,00	-75,00	-5,00	Argile Marneuse
		75,00	-5,00	75,00	0,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	4,42	[m]	Angles :	α_1 =	-28,92	[°]
	z =	151,63	[m]		α_2 =	28,92	[°]
Radius :	R =	137,82	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

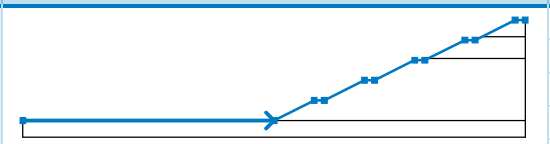
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 0,00 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 21578,21 kN/m

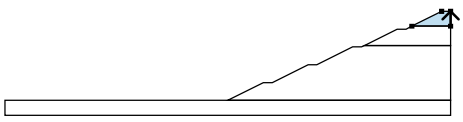
Sliding moment : M_a = 0,00 kNm/m
Resisting moment : M_p = 2974001,53 kNm/m
Factor of safety = 29740015319,98 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

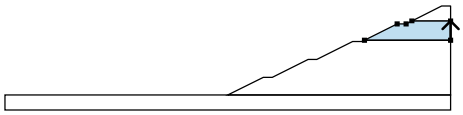
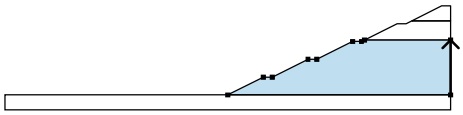
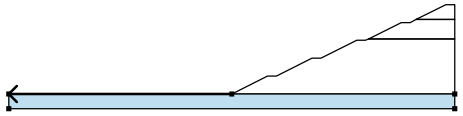
Earth cut

No.	Cut location	Coordinates of cut points [m] x	z	x	z	x	z
1		-75,00	0,00	0,00	0,00	12,00	6,00
		15,00	6,00	27,00	12,00	30,00	12,00
		42,00	18,00	45,00	18,00	57,00	24,00
		60,00	24,00	72,00	30,00	75,00	30,00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		75,00	25,00	75,00	30,00	Marne argileuse schisteuse
		72,00	30,00	62,00	25,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		62,00	25,00	60,00	24,00	
		57,00	24,00	46,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		46,00	18,50	45,00	18,00	
		42,00	18,00	30,00	12,00	
		27,00	12,00	15,00	6,00	
		12,00	6,00	0,00	0,00	
4		0,00	0,00	-75,00	0,00	Argile Marneuse
		-75,00	-5,00	75,00	-5,00	
		75,00	0,00			

Surcharge

No.	Surcharge new	Surcharge change	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude q, q_1, f, F	Magnitude q_2	Magnitude unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge trafic

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,18	[m]	Angles :	α_1 =	-24,29	[°]
	z =	55,61	[m]		α_2 =	54,93	[°]
Radius :	R =	61,01	[m]				
Specified slip surface.							

Slope stability verification (Bishop)
Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 2)

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	-1,66	[m]	Angles :	α_1 =	1,25	[°]
	z =	109,63	[m]		α_2 =	43,23	[°]
Radius :	R =	109,29	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 2973,12 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 6166,38 kN/m

Sliding moment : M_a = 324925,89 kNm/m

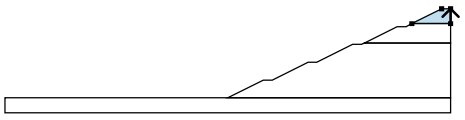
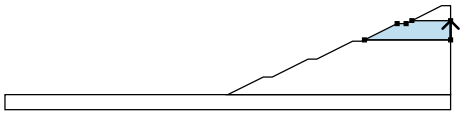
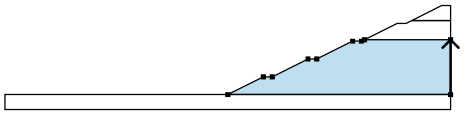
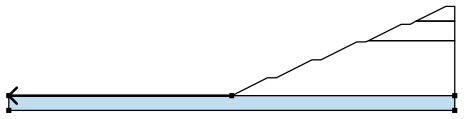
Resisting moment : M_p = 673910,18 kNm/m

Factor of safety = 2,07 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		75,00	25,00	75,00	30,00	Marne argileuse schisteuse
		72,00	30,00	62,00	25,00	
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		62,00	25,00	60,00	24,00	
		57,00	24,00	46,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		46,00	18,50	45,00	18,00	
		42,00	18,00	30,00	12,00	
		27,00	12,00	15,00	6,00	
		12,00	6,00	0,00	0,00	
4		0,00	0,00	-75,00	0,00	Argile Marneuse
		-75,00	-5,00	75,00	-5,00	
		75,00	0,00			

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²
2	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge trafic
2	surcharge trafic

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0,15
Vertical seismic coefficient : K_v = 0,04

Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,18	[m]	Angles :	α_1 =	-24,29	[°]
	z =	55,61	[m]		α_2 =	54,93	[°]
Radius :	R =	61,01	[m]				
Specified slip surface.							

Slope stability verification (Bishop)
Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	6,56	[m]	Angles :	α_1 =	-4,14	[°]
	z =	91,87	[m]		α_2 =	47,80	[°]
Radius :	R =	92,11	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)
Sum of active forces : F_a = 5324,93 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 7414,85 kN/m

Sliding moment : M_a = 490479,26 kNm/m
Resisting moment : M_p = 682981,78 kNm/m
Factor of safety = 1,39 > 1,00
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : PFE
Part : Etude de stabilité pénétrente de Cherchell
Description : Profil 324 PK 35+075
Customer : Enstp
Author : Allali Maroua
Date : 24/05/2023
Project ID : 01/2023
Project number : 01

Settings

Standard - safety factors

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Safety factors			
Seismic design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,00	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-75,00	31,00	75,00	31,00		
2		-75,00	25,00	75,00	25,00		
3		-75,00	18,50	75,00	18,50		
4		-75,00	0,00	75,00	0,00		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Marne argileuse schisteuse		19,00	23,00	21,00
2	Marne argileuse		22,00	48,00	21,00
3	Argile Marneuse		31,00	15,00	21,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	Marne argileuse schisteuse		21,00		

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
2	Marne argileuse		21,00		
3	Argile Marneuse		21,00		

Soil parameters

Marne argileuse schisteuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 19,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 23,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

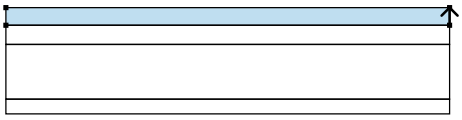
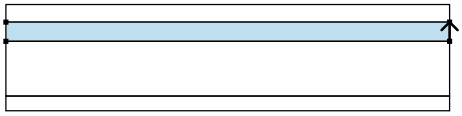
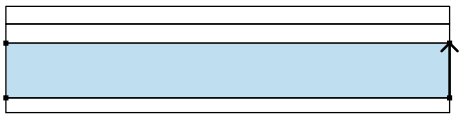
Marne argileuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 22,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 48,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

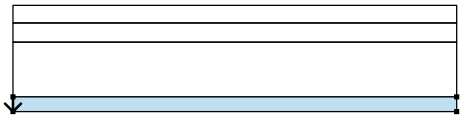
Argile Marneuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 31,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 15,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		75,00	25,00	75,00	31,00	Marne argileuse schisteuse
		-75,00	31,00	-75,00	25,00	
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		-75,00	25,00	-75,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		-75,00	18,50	-75,00	0,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
4		-75,00	0,00	-75,00	-5,00	Argile Marneuse
		75,00	-5,00	75,00	0,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	4,42	[m]	Angles :	α_1 =	-28,92	[°]
	z =	151,63	[m]		α_2 =	28,92	[°]
Radius :	R =	137,82	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

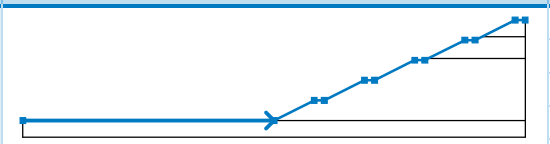
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 0,00 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 21578,21 kN/m

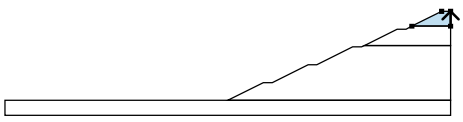
Sliding moment : M_a = 0,00 kNm/m
Resisting moment : M_p = 2974001,53 kNm/m
Factor of safety = 29740015319,98 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

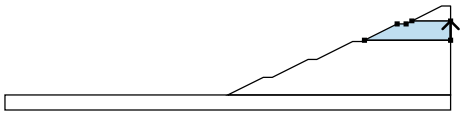
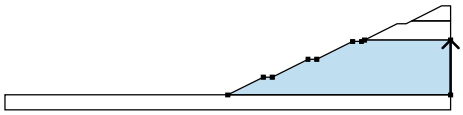
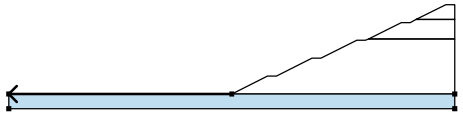
Earth cut

No.	Cut location	Coordinates of cut points [m] x	z	x	z	x	z
1		-75,00	0,00	0,00	0,00	12,00	6,00
		15,00	6,00	27,00	12,00	30,00	12,00
		42,00	18,00	45,00	18,00	57,00	24,00
		60,00	24,00	72,00	30,00	75,00	30,00

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		75,00	25,00	75,00	30,00	Marne argileuse schisteuse
		72,00	30,00	62,00	25,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		62,00	25,00	60,00	24,00	
		57,00	24,00	46,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		46,00	18,50	45,00	18,00	
		42,00	18,00	30,00	12,00	
		27,00	12,00	15,00	6,00	
		12,00	6,00	0,00	0,00	
4		0,00	0,00	-75,00	0,00	Argile Marneuse
		-75,00	-5,00	75,00	-5,00	
		75,00	0,00			

Surcharge

No.	Surcharge new	Surcharge change	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude q, q_1, f, F	Magnitude q_2	Magnitude unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge trafic

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,18	[m]	Angles :	α_1 =	-24,29	[°]
	z =	55,61	[m]		α_2 =	54,93	[°]
Radius :	R =	61,01	[m]				
Specified slip surface.							

Slope stability verification (Bishop)
Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 2)

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	-1,66	[m]	Angles :	α_1 =	1,25	[°]
	z =	109,63	[m]		α_2 =	43,23	[°]
Radius :	R =	109,29	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 2973,12 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 6166,38 kN/m

Sliding moment : M_a = 324925,89 kNm/m

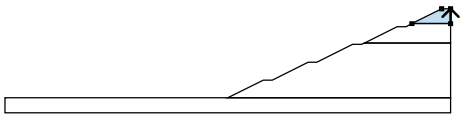
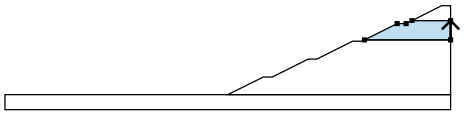
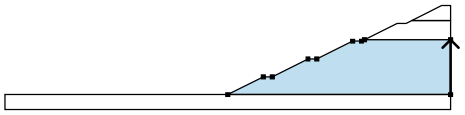
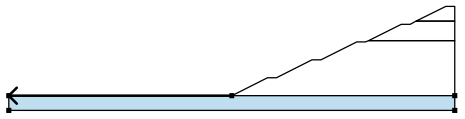
Resisting moment : M_p = 673910,18 kNm/m

Factor of safety = 2,07 > 1,50

Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		75,00	25,00	75,00	30,00	Marne argileuse schisteuse
		72,00	30,00	62,00	25,00	
2		75,00	18,50	75,00	25,00	Marne argileuse
		62,00	25,00	60,00	24,00	
		57,00	24,00	46,00	18,50	
3		75,00	0,00	75,00	18,50	Argile Marneuse
		46,00	18,50	45,00	18,00	
		42,00	18,00	30,00	12,00	
		27,00	12,00	15,00	6,00	
		12,00	6,00	0,00	0,00	
4		0,00	0,00	-75,00	0,00	Argile Marneuse
		-75,00	-5,00	75,00	-5,00	
		75,00	0,00			

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²
2	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -9,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	surcharge trafic
2	surcharge trafic

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0,15
Vertical seismic coefficient : K_v = 0,04

Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,18	[m]	Angles :	α_1 =	-24,29	[°]
	z =	55,61	[m]		α_2 =	54,93	[°]
Radius :	R =	61,01	[m]				
Specified slip surface.							

Slope stability verification (Bishop)
Analysis has not been performed.

Analysis 2 (stage 3)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	6,56	[m]	Angles :	α_1 =	-4,14	[°]
	z =	91,87	[m]		α_2 =	47,80	[°]
Radius :	R =	92,11	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)
Sum of active forces : F_a = 5324,93 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 7414,85 kN/m

Sliding moment : M_a = 490479,26 kNm/m
Resisting moment : M_p = 682981,78 kNm/m
Factor of safety = 1,39 > 1,00
Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : PFE
Part : Etude de stabilité pénétrente de Cherchell
Description : Profil 270 PK 33+725
Customer : ENSTP
Author : Allali Maroua
Date : 24/05/2023
Project ID : 02/2023
Project number : 02

Settings

Standard - safety factors

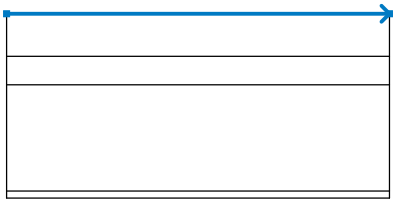
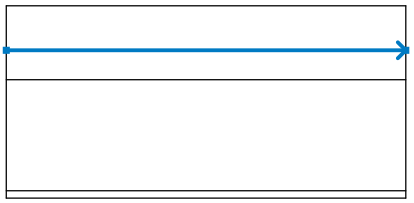
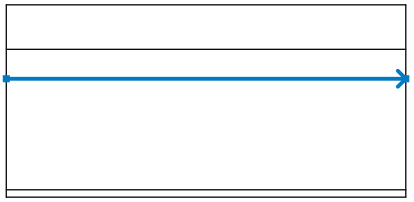
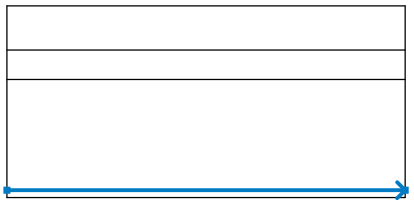
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Safety factors			
Seismic design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,00	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-27,00	0,00	27,00	0,00		
2		-27,00	-6,00	27,00	-6,00		
3		-27,00	-10,00	27,00	-10,00		
4		-27,00	-25,00	27,00	-25,00		

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m^3]
1	Argile marneuse		23,00	21,00	21,00
2	Marne Argileuse		24,00	55,00	21,00
3	Marne		19,00	44,00	21,00
4	Remblai (matériau de carrière)		30,00	50,00	18,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
1	Argile marneuse		21,00		
2	Marne Argileuse		21,00		
3	Marne		21,00		
4	Remblai (matériau de carrière)		18,00		

Soil parameters

Argile marneuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 23,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 21,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Marne Argileuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 55,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Marne

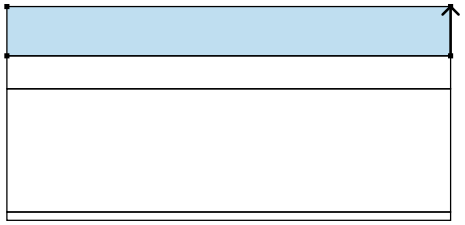
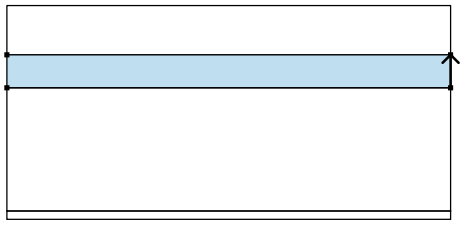
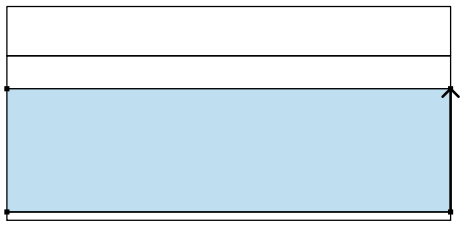
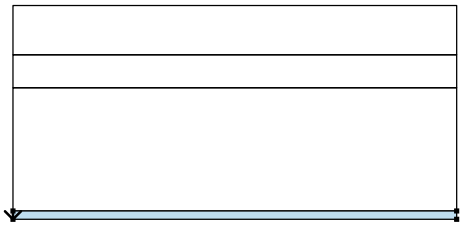
Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 19,00 °

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Cohesion of soil : c_{ef} = 44,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m3

Remblai (matériau de carrière)
Unit weight : γ = 18,00 kN/m3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 50,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18,00 kN/m3

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	
2		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	
3		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
4		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,03	[m]	Angles :	α_1 =	-31,82	[°]
	z =	40,53	[m]		α_2 =	31,82	[°]
Radius :	R =	47,71	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

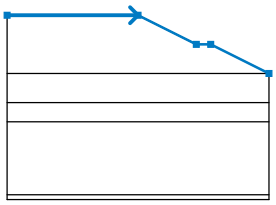
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 0,00 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 4139,12 kN/m

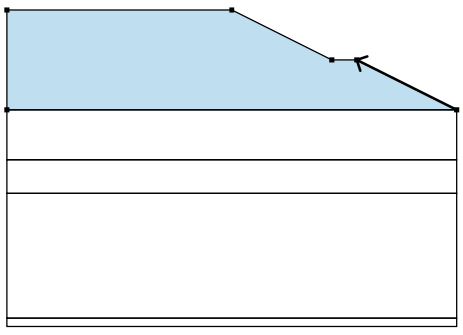
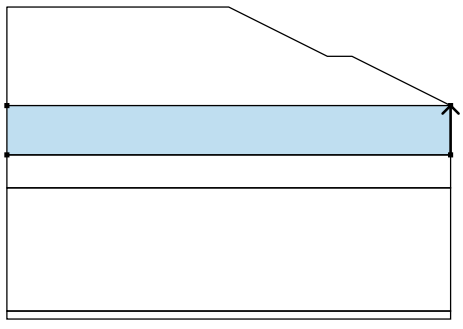
Sliding moment : M_a = 0,00 kNm/m
Resisting moment : M_p = 197458,50 kNm/m
Factor of safety = 1974584950,05 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

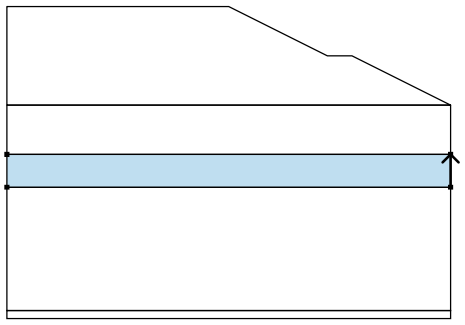
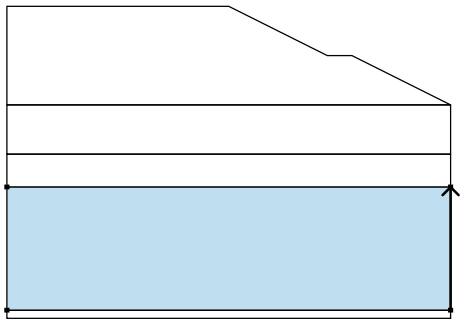
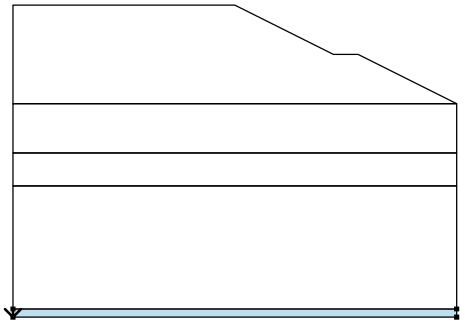
Embankment interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-27,00	12,00	0,00	12,00	12,00	6,00
		15,00	6,00	27,00	0,00		

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		27,00	0,00	15,00	6,00	Remblai (matériau de carrière)
		12,00	6,00	0,00	12,00	
		-27,00	12,00	-27,00	0,00	
2		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
3		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	
4		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
5		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m^2

Surcharges

No.	Name
1	trafic de la route

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	16,68	[m]	Angles :	α_1 =	-73,06	[°]
	z =	17,06	[m]		α_2 =	25,75	[°]
Radius :	R =	17,41	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

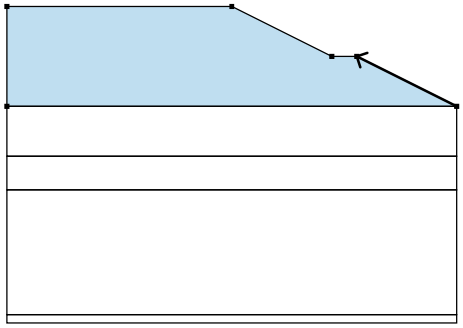
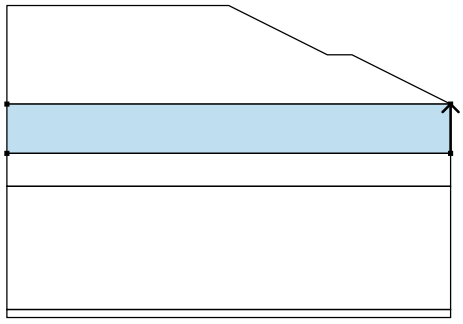
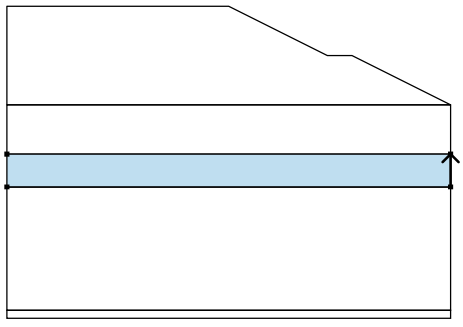
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 588,30 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 2330,18 kN/m

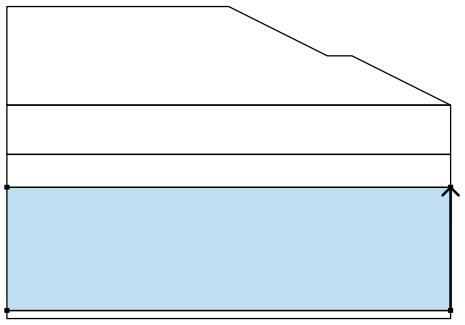
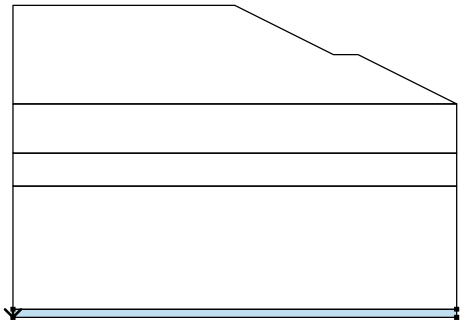
Sliding moment : M_a = 10240,78 kNm/m
Resisting moment : M_p = 40562,77 kNm/m
Factor of safety = 3,96 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		27,00	0,00	15,00	6,00	Remblai (matériau de carrière)
		12,00	6,00	0,00	12,00	
		-27,00	12,00	-27,00	0,00	
2		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	
3		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
4		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
5		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	z = 12,00	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²
2	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	Surcharge trafic
2	trafic de la route

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0,15
Vertical seismic coefficient : K_v = 0,04

Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	15,41	[m]	Angles :	α_1 =	-65,12	[°]
	z =	22,62	[m]		α_2 =	26,83	[°]
Radius :	R =	25,24	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 1831,54 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 3351,22 kN/m

Sliding moment : M_a = 46228,00 kNm/m

Resisting moment : M_p = 84584,80 kNm/m

Factor of safety = 1,83 > 1,00

Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slope stability analysis

Input data

Project

Task : PFE
Part : Etude de stabilité pénétrente de Cherchell
Description : Profil 270 PK 33+725
Customer : ENSTP
Author : Allali Maroua
Date : 24/05/2023
Project ID : 02/2023
Project number : 02

Settings

Standard - safety factors

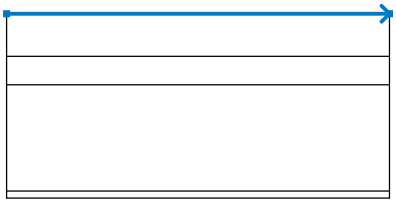
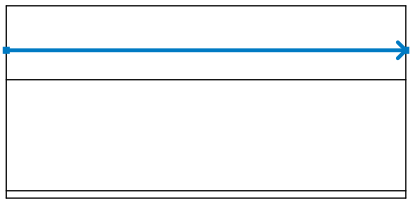
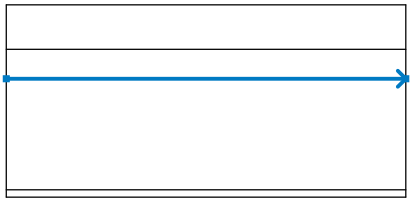
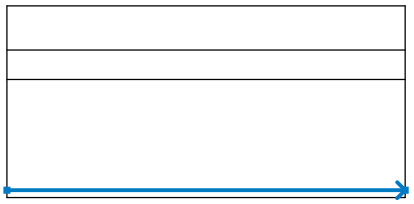
Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,50	[–]

Safety factors			
Seismic design situation			
Safety factor :	SF_s =	1,00	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-27,00	0,00	27,00	0,00		
2		-27,00	-6,00	27,00	-6,00		
3		-27,00	-10,00	27,00	-10,00		
4		-27,00	-25,00	27,00	-25,00		

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m^3]
1	Argile marneuse		23,00	21,00	21,00
2	Marne Argileuse		24,00	55,00	21,00
3	Marne		19,00	44,00	21,00
4	Remblai (matériau de carrière)		30,00	50,00	18,00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	n [–]
1	Argile marneuse		21,00		
2	Marne Argileuse		21,00		
3	Marne		21,00		
4	Remblai (matériau de carrière)		18,00		

Soil parameters

Argile marneuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 23,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 21,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Marne Argileuse

Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 55,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Marne

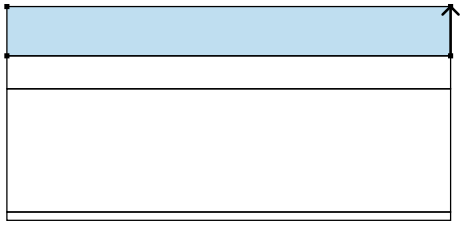
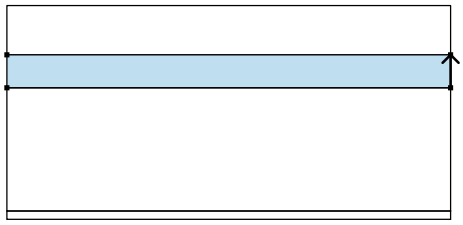
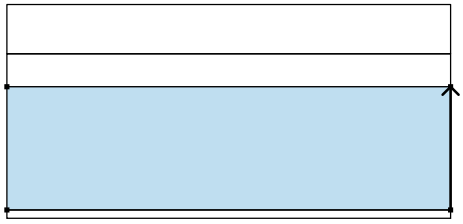
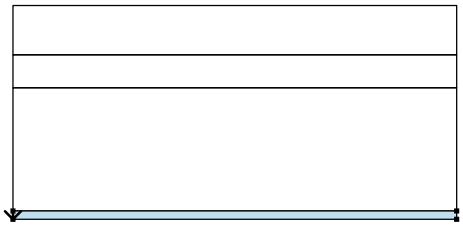
Unit weight : γ = 21,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 19,00 °

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Cohesion of soil : c_{ef} = 44,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21,00 kN/m^3

Remblai (matériau de carrière)
Unit weight : γ = 18,00 kN/m^3
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30,00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 50,00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18,00 kN/m^3

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	
2		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	
3		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
4		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1 (stage 1)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	0,03	[m]	Angles :	α_1 =	-31,82	[°]
	z =	40,53	[m]		α_2 =	31,82	[°]
Radius :	R =	47,71	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

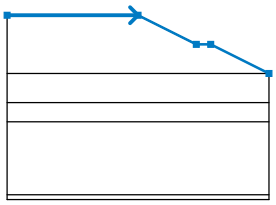
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 0,00 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 4139,12 kN/m

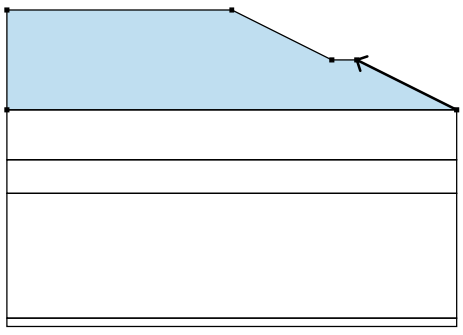
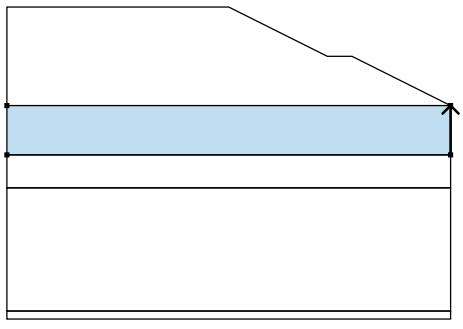
Sliding moment : M_a = 0,00 kNm/m
Resisting moment : M_p = 197458,50 kNm/m
Factor of safety = 1974584950,05 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 2)

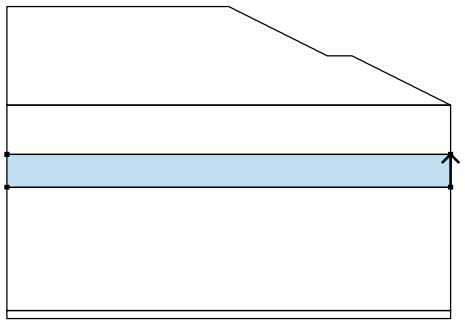
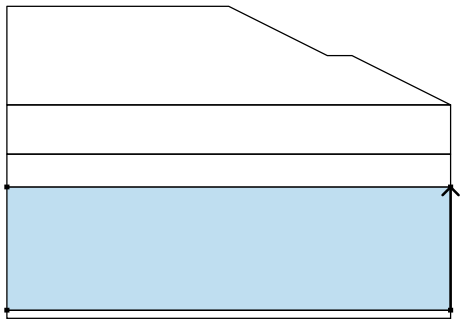
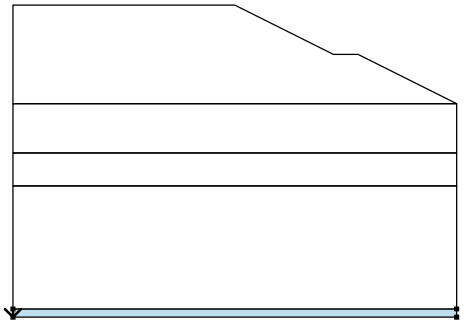
Embankment interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-27,00	12,00	0,00	12,00	12,00	6,00
		15,00	6,00	27,00	0,00		

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		27,00	0,00	15,00	6,00	Remblai (matériau de carrière)
		12,00	6,00	0,00	12,00	
		-27,00	12,00	-27,00	0,00	
2		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
3		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	
4		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
5		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m^2

Surcharges

No.	Name
1	trafic de la route

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Results (Stage of construction 2)

Analysis 1 (stage 2)

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	16,68	[m]	Angles :	α_1 =	-73,06	[°]
	z =	17,06	[m]		α_2 =	25,75	[°]
Radius :	R =	17,41	[m]				
Analysis of the slip surface without optimization.							

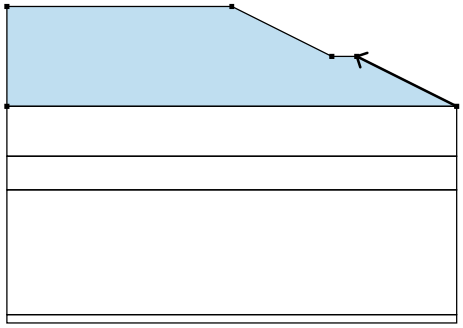
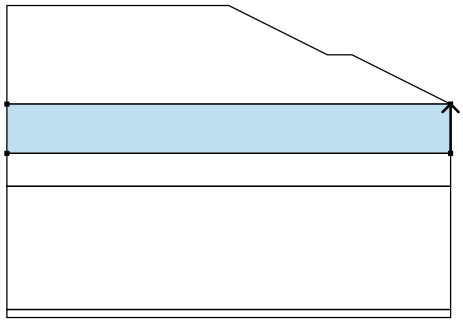
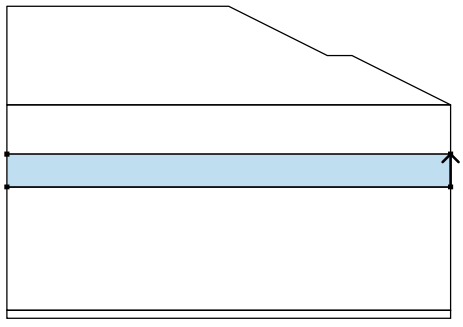
Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 588,30 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 2330,18 kN/m

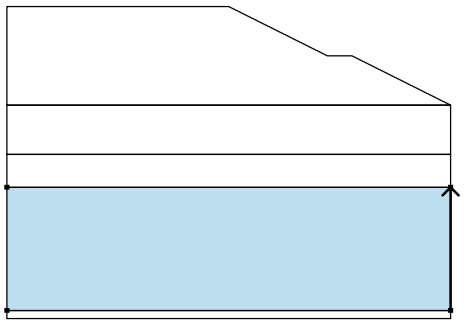
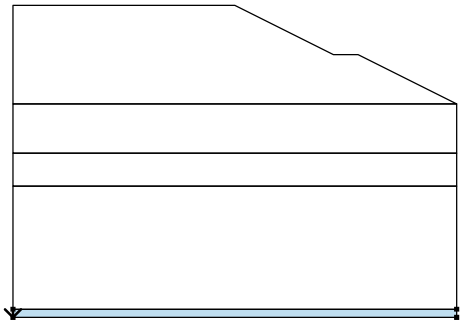
Sliding moment : M_a = 10240,78 kNm/m
Resisting moment : M_p = 40562,77 kNm/m
Factor of safety = 3,96 > 1,50
Slope stability ACCEPTABLE

Input data (Stage of construction 3)

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m] x	z	x	z	Assigned soil
1		27,00	0,00	15,00	6,00	Remblai (matériau de carrière)
		12,00	6,00	0,00	12,00	
		-27,00	12,00	-27,00	0,00	
2		27,00	-6,00	27,00	0,00	Argile marneuse
		-27,00	0,00	-27,00	-6,00	
3		27,00	-10,00	27,00	-6,00	Marne Argileuse
		-27,00	-6,00	-27,00	-10,00	

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
4		27,00	-25,00	27,00	-10,00	Marne
		-27,00	-10,00	-27,00	-25,00	
5		-27,00	-25,00	-27,00	-26,00	Marne
		27,00	-26,00	27,00	-25,00	

Surcharge

No.	Surcharge		Type	Type of action	Location	Origin	Length	Width	Slope	Magnitude		
	new	change			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q_1, f, F	q_2	unit
1	Yes		strip	permanent	z = 12,00	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²
2	No	No	strip	permanent	on terrain	x = -7,50	l = 6,50		0,00	20,00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	Surcharge trafic
2	trafic de la route

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not inputted.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0,15
Vertical seismic coefficient : K_v = 0,04

Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

Results (Stage of construction 3)

Analysis 1 (stage 3)

Circular slip surface

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Slip surface parameters							
Center :	x =	15,41	[m]	Angles :	α_1 =	-65,12	[°]
	z =	22,62	[m]		α_2 =	26,83	[°]
Radius :	R =	25,24	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 1831,54 kN/m

Sum of passive forces : F_p = 3351,22 kN/m

Sliding moment : M_a = 46228,00 kNm/m

Resisting moment : M_p = 84584,80 kNm/m

Factor of safety = 1,83 > 1,00

Slope stability ACCEPTABLE

[GeoStructural Analysis - Slope Stability | version 5.19.5.0 | Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]

Tableaux : Résultats de la classification GTR

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologique	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	S (%)	Granul métrie (% des passants)			Limites d'Atterb rg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	<2 µ	WL	Wp	IP	I_C		
SCR1	30+280	05.5~06.00	Marne argileuse	41.53	1.73	1.22	93	96.26	93.86	65.56	68.43	34.52	33.91	0.80	-	**A_3th**
Interprétation		**Couche 1 (sondage SCR2):** • Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A** • Le sol est dense et non saturé; peu plastique 12<IP≤ 25 et très ferme, • Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2h** **Couche 1 (sondage SCR3):** • Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A** • Le sol est peu dense et non saturé; plastique 125<IP≤ 40 et très ferme, • Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3th**														

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologique	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	Sr (%)	Granulométrie (% des passants)			Limites d'Atterberg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	< µ	WL	Wp	IP	I_C		
SCR/02	32+080	01.00~01.50	Argilemarneuse	18.54	2.09	1.76	94	95.85	86.59	46.65	55.48	27.40	28.08	1.31	-	**A_3ts**
		04.70~05.00	Argilemarneuse	12.47	2.31	2.05	100	96.70	83.17	36.96	37.53	18.50	19.03	1.32	-	**A_2s**
		10.50 ~11.00	Argilemarneuse	13.95	2.17	1.91	90	98.80	89.50	37.94	40.95	20.65	20.30	1.33		**A_2s**

Interprétation

Couche 1 :

- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et non saturé; plastique 25<IP≤ 40 et dur
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3ts**

Couche 2 :

- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et saturé; peu plastique 12 <IP≤25 et dur
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2s**

Couche 3 :

- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé; peu plastique 12<IP≤ 25 et dur
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2s**

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologiq e	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	Sr (%)	Granulométrie (% des passants)			Limites d'Atterberg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	<2 µ	WL	Wp	IP	I_C		
SCD/03	32+700	02.40~03.00	Argilemarneuse	13.30	2.17	1.91	87	99.19	90.47	25.89	39.00	18.52	20.48	1.25	-	**A_2S**
		08.00~08.30	Argilemarneuse	15.14	2.06	1.90	81	99.15	90.00	27.30	40.08	19.45	20.63	1.21	-	**A_2S**
		10.60 ~ 11.00	Argilemarneuse	14.58	2.12	1.85	86	94.36	83.56	31.76	42.12	19.78	22.34	1.23	-	**A_2S**
		18.00~18.50	Marne sableuse	9.26	2.41	2.21	100	100	82.19	39.49	-	-	-	-	-	**A**
		25.00~25.28	Marne sableuse	11.90	2.21	1.97	87	80.59	62.27	58.48	-	-	-	-	-	**A**

Interpréta ion

Couche 1 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé; peu plastique (25 <IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2S**

Couche 2 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé, peu plastique (12 <IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2S**

Couche 3 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé, peu plastique (12 <IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2S**

Couche 4 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et saturé.

Couche 5 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé.

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologiq e	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm)	Sr (%)	Granulométrie (% des passants)			Limites d'Atterberg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	<2 µ	WL	Wp	IP	I		
SCR4	34+180	04.10~04.30	Argile marneuse	15.46	2.14	1.86	92	98.09	93.26	78.6	44.19	21.6	22.5	1.27		**A_2s**
		04.70~05.00	Argile marneuse	18.97	2.09	1.75	95	98.28	87.17	80.9	50.06	25.6	24.4	1.27		**A_2s**
		07.80~08.20	Marne argileuse	15.69	2.08	1.79	84	98.42	96.64	94.8	52.03	25.2	26.8	1.35		**A_3ts**
		12.20~12.50	Marne	10.86	2.14	1.93	73	98.95	98.13	97.6	39.17	19.2	19.9	1.42		**A_2ts**
		17.70~18.00	Marne	17.74	2.13	1.01	97	99.01	96.96	96.4	42.97	21.2	21.7	1.16		**A_2m**

Interprétation

Couche 1 :
- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé; peu plastique (25 <IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2s**

Couche 2 :
- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et non saturé, peu plastique (12 <IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2s**

Couche 3 :
- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et non saturé, plastique (25<IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3ts**

Couche 4 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé, peu plastique (12 <IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2ts**

Couche 5 :
- Le tamisat à 0.08 mm >35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est peu dense et non saturé, peu plastique (12 <IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2m**

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologiqu	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	Sr (%)	Granulométrie (% des passants)			Limites d'Atterberg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	<2 µ	WL	Wp	IP	I_C		
SCD05	34+ 500	11.40~11.70	Marne argileuse	15.75	2.38	2.06	100	65.42	57.71	17.8	-	-	-	-	-	**A**
		13.00~13.30	Marne argileuse	15.43	1.92	1.66	67	100	79.06	37.4	-	-	-	-	-	**A**
		16.50~16.80	Marne argileuse	15.96	2.19	1.89	100	100	84.01	36.6	-	-	-	-	-	**A**
		19.00~19.50	Marne	12.86	2.27	2.01	100	89.82	83.14	12.3	-	-	-	-	-	**A**
		25.00~25.50	Marne	09.27	2.37	2.17	100	100	82.62	12.3	-	-	-	-	-	**A**
		31.30~31.70	Marne	13.12	2.16	1.91	86	100	83.65	27.9	-	-	-	-	-	**A**

Interprétation

Couche 1 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et saturé;

Couche 2 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et non saturé.

Couche 3 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et saturé.

Couche 4 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et saturé.

Couche 5 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et saturé,

Couche 6:
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé.

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologique	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	Sr (%)	Granulométrie (% des passants)			Limites d'Atterberg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	< µ	WL	W	IP	I_C		
SCD06	35+500	03.00~03.55	Marne argileuse	18.58	1.85	1.56	69	98.87	97.19	95.7	59.06	27.7	31.2	1.29	-	**A_3s**
		04.00~04.30	Marne argileuse	07.6	2.07	1.92	51	90.21	77.05	67.8	52.48	24.9	27.5	1.62	-	**A_3ts**
		13.20~13.50	Argile marneuse	06.4	2.37	2.22	81	93.87	68.25	40.3	37.98	18.4	19.5	1.61	-	**A_2ts**
		18.70~19.00	Argile marneuse	24.58	2.06	1.65	100	94.98	91.42	88.5	57.07	25.5	31.5	1.03	-	**A_3m**
		22.50~22.80	Argile marneuse	18.24	2.01	1.70	84	89.47	80.87	78.6	54.33	26.2	28.1	1.28	-	**A_3s**

Interprétation

Couche 1 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est peu dense et non saturé; plastique (25 <IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3s**

Couche 2 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé, plastique (25<IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3ts**

Couche 3 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est très dense et non saturé, peu plastique (12<IP≤ 25) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2ts**

Couche 4 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et saturé; plastique (25 <IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3m**

Couche 5 :
- Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A**
- Le sol est dense et non saturé, plastique (25<IP≤ 40) et dur.
- Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_3m**

Sondage n°	PK	Prof. (m)	Nature géologique	W_n (%)	γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	S (%)	Granul métrie (% des passants)			Limites d'Atterb rg				VBS	Classification GTR (LCPC/SETRA)
								< 2mm	<80 µ	<2 µ	WL	Wp	IP	I_C		
SCR7	36+520	03.00~03.30	Argile	17.50	2.07	1.76	89	99.58	91.88	23.85	36.99	18.27	18.72	1.04	-	**A_2h**
		07.00~07.40	Limons argileux	-	-	-	-	99.91	56.79	17.49	30.04	15.65	14.39	-	-	**A**
Interprétation		**Couche 1 :** • Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A** • Le sol est dense et non saturé; peu plastique 12<IP≤ 25 et dur. • Selon la classification GTR, le sol prospecté appartient à la classe **A_2h** **Couche :** • Le tamisat à 0.08 mm > 35 % : indique un **sol fin** de la classe **A** • Le sol est peu plastique 12<IP≤ 25.														