République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغال العموميـة

فرانسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure De Base

Thème

Étude APD de la liaison autoroutière reliant le port de Bejaïa a l'autoroute est-ouest Section du PK 00 au PK 11 Sur un sol compressible, avec une conception d'échangeur

Présenté par :

- **BENZEMOULI Abd Errazak**
- **BENKACIR Salaheddine**

Encadré par :

- **HATRI Amer**
- **HAMADI Kamel**

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم
١٤٢٠

Remerciement

Louange à Dieu, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.

C'est avec un profond sentiment de gratitude que nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Nous exprimons notre reconnaissance la plus profonde à monsieur **HATRI Amer** pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité, ses conseils éclairés, et son soutien constant tout au long de cette étude.

Nos remerciements vont également à monsieur **HAMADI Kamel**, pour son accueil chaleureux, son accompagnement professionnel, et la richesse de ses observations, qui ont grandement enrichi ce travail.

Nous tenons également à remercier Monsieur **MESSAI Abd Essalam Ingénieur d'état en TP**, dont l'aide précieuse, la bienveillance, et les conseils techniques ont largement contribué à la bonne conduite de ce projet. Qu'il trouve ici l'expression de toute notre reconnaissance.

Nos remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants de **l'ENSTP**, qui ont su, tout au long de notre parcours, transmettre leur savoir avec passion et exigence, contribuant pleinement à notre formation d'ingénieur.

Nous remercions aussi chaleureusement Monsieur **BOUSSOUFA Yacine**, Monsieur **GUERTI Antar** et **Madame Ghania**, ainsi que tout le personnel du service **ADA**, pour leur accueil et leur précieuse assistance.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à nos familles, source inépuisable de motivation, de sérénité et de soutien. Leur amour, leur patience et leur confiance ont été essentiels à la réussite de ce parcours.

Ce travail est le fruit d'un long effort, mais aussi d'un accompagnement collectif auquel nous dédions ces lignes avec respect et reconnaissance.

Dédicace

À mes très chers parents,

Ce moment que j'ai atteint est le fruit de votre amour et de vos prières pour moi.

J'espère que Dieu te gardera comme une couronne sur ma tête, qu'Il vous accorde une longue et heureuse vie

À mes frères et sœurs,

L'amour, le soutien et la fierté sont ce que j'ai trouvé chez mes frères et mes sœurs à chaque moment de ma vie.

Recevez tout mon respect et mes prières pour que Dieu vous accorde la réussite et réalise vos espoirs.

À ma petite famille,

Grâce à vous, je trouve la paix et la motivation pour affronter chaque jour. Vous êtes ma source d'inspiration et la réussite de ma future vie.

Je vous remercie du fond du cœur pour votre présence et votre soutien constants. Je vous aime plus que tout.

À mes chers amis,

Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments, merci pour vos encouragements, votre écoute, et votre présence, qui ont été d'un grand réconfort.

Avec tout mon cœur

SALAHEDDINE

Dédicace

À mes chers parents,

Ce que j'ai accompli aujourd'hui est le fruit de votre amour, de vos sacrifices silencieux et de vos prières constantes.

Je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude, en espérant qu'il soit à la hauteur de vos espérances.

Puisse Dieu vous accorder une longue vie, emplie de santé et de sérénité.

À mes frères et ma sœur,

Votre présence, votre affection et vos encouragements ont toujours été pour moi une source de force.

Je vous remercie pour votre soutien indéfectible et vous souhaite une réussite à la hauteur de vos ambitions.

À mes amis,

Merci d'avoir été là dans les moments de doute comme dans ceux de joie.

Votre écoute, vos mots et votre amitié ont fait toute la différence.

Abd Errazak

Résumé

Nous mettons entre vos mains un résumé complet de tout ce que traite notre mémoire de fin d'études sur un intitulé d'étude APD d'un tronçon autoroutier du PK 0 au PK 11, avec conception d'un échangeur au PK 11, sur sol compressible qui présente ainsi un défi géotechniques particuliers dans la pénétrante de Béjaïa reliant le port à l'autoroute Est-Ouest à Ahnif.

Nous avons débuté l'étude par une analyse multicritère pour choisir le meilleur tracé en tenant compte des différentes contraintes, suivie une étude de trafic afin de connaitre la demande de trafic sur cette pénétrante, ce qui nous permet de dimensionner le corps de chaussée et la géométrie de celle-ci.

L'un des aspects les plus critiques de ce projet est dans le chapitre de géotechnique où se trouve un sol compressible sur la totalité du linéaire de 11km, pour y faire face nous avons réalisé une étude géotechnique basée sur un choix de sondage et des essais in situ pour caractériser le sol en place (faible portance, tassement).

Une étude hydraulique pour drainer les eaux par des ouvrage soit transversale ou longitudinale Par la suite nous avons donné une conception de l'échangeur.

Enfin, terminer nous mémoire par une étude d'impact sur l'environnement et un devis quantitatif et estimatif pour évaluer le coût global de projet.

Mot clé : APD, échangeur, autoroute, trafic, géométrie, corps de chaussée, stabilité.

ملخص

تتناول هذه المذكرة دراسة مفصلة أُنجزت في إطار مشروع نهاية الدراسة، وتتمثل في دراسة مرحلة ما قبل الإنجاز التفصيلي لمقطع من الطريق السيار يمتد من النقطة الكيلومترية 0 إلى 11، ويتضمن أيضًا تصميم مفرع تبادلي عند النقطة الكيلومترية 11. يتموضع هذا المشروع على تربة انضغاطية، مما يطرح تحديات جيوتقنية خاصة على مستوى الطريق الذي يربط ميناء بجاية بالطريق السيار شرق–غرب عند أحنيف.

تم الشروع في الدراسة من خلال تحليل متعدد المعايير لاختيار المسار الأمثل، مع الأخذ بعين الاعتبار القيود التقنية، والبيئية، والطبوغرافية، والاقتصادية. تلا ذلك دراسة مرورية لتقدير الطلب على حركة المرور عبر هذا المقطع، مما مكّن من تحديد أبعاد طبقات الرصف والخصائص الهندسية للطريق.

من أبرز التحديات التي عالجها هذا المشروع الجانب الجيوتقني، حيث إن كامل المقطع الطولي (11 كم) يقع على تربة انضغاطية. لمواجهة ذلك، تم إجراء تحقيق جيوتقني شمل حفر سبر وتجارب ميدانية لتوصيف خصائص التربة، خاصة ضعف قدرة التحمل وقابلية الانضغاط العالية.

واستنادًا إلى نتائج الدراسة، تم اقتراح حلول لتحسين التربة، منها استعمال مواد ردم غير حساسة للماء مدعمة بجيوتكسيتيل، أو اللجوء إلى أسس عميقة مثل الإدماجات الصلبة والأعمدة الحصوية.

كما شملت الدراسة أيضًا تحليلا هيدروليكيا لتصميم أنظمة تصريف فعالة للمياه السطحية والجوفية، سواء كانت منشآت طولية أو عرضية. وتم لاحقا تقديم تصميم هندسي لـ المفرع التبادلي عند النقطة الكيلومترية 11، بما يتماشى مع المعايير الوظيفية والهندسية المعتمدة. وأختتمت الدراسة بـ تحليل للأثر البيئي بالإضافة إلى حساب كمي وتقديري للتكاليف، بهدف تقييم الكلفة الإجمالية لتنفيذ المشروع.

الكلمات المفتاحية :تقاطع، طريق سريع، حركة المرور، الهندسة، سطح الطريق، الاستقرار.

SUMMARY

This dissertation presents a comprehensive study carried out as part of a Final Year Project, focusing on the (APD) of a highway section extending from PK 0 to PK 11, which includes the design of an interchange at PK 11. The project lies on compressible soils, thereby presenting significant geotechnical challenges along the Béjaïa access road, which connects the port of Béjaïa to the East–West Highway at Ahnif.

The study commenced with a multi-criteria analysis aimed at identifying the most appropriate alignment, taking into consideration technical, environmental, topographical, and economic constraints. This was followed by a traffic analysis, conducted to estimate the projected traffic demand along the corridor, which served as a basis for the pavement design and the geometric configuration of the roadway.

A major challenge addressed in this project concerns the geotechnical conditions, as the entire 11 km section is situated on compressible soils. To address this, a detailed geotechnical investigation was conducted, including borehole drilling and in-situ testing, in order to characterize the ground's mechanical properties (notably its low bearing capacity and high compressibility).
Based on the soil characteristics, several ground improvement solutions were proposed, such as the use of water-insensitive embankment materials combined with geotextiles, as well as deep foundation systems, including rigid inclusions and ballasted columns.

The project also included a hydraulic study aimed at designing appropriate drainage solutions, both transversal and longitudinal, to effectively manage surface and subsurface water flow. In addition, the design of the interchange at PK 11 was elaborated based on the geometric and functional requirements.

Finally, the study concludes with an environmental impact assessment and a quantitative and cost estimate, aimed at evaluating the overall investment required for the execution of the project.

Keywords : APD, interchange, roadway, traffic, geometry, road body, stability

ABRÉVIATIONS

APD : Avant-projet détaillé.

APS : Avant-projet sommaire.

RN : route nationale.

PK : point kilométrique.

ICTAAL : Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.

TJMA : trafic journalière moyen annuelle.

U.V.P : unités de véhicules particuliers.

TPL : Trafic de poids lourds.

PL : poids lourds.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

TPC : terre pleine centrale.

BDG : bande dérasé gauche.

BAU : bande d'arrêt d'urgence

BDD : bande dérasé droite.

GTR : guide de terrassement routier.

SETRA : service d'études techniques des routes et autoroutes.

LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

SPT : Essais de pénétration standard.

CBR : California - Bearing – Ratio.

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

OA : ouvrage d'art

TC : Temps de concentration

GNT : grave non traitées.

BV : bassin versant.

TTC : toutes taxes compris.

TVA : taxe sur la valeur ajoutée.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET 19

I.1 CADRE DU PROJET 1

I.1.1 Importance stratégique de la pénétrante pour le développement régional 1

I.2 DESCRIPTION DU TRONÇON ÉTUDIÉ DE PK 0 AU PK 11 2

I.2.1 La topographie du site 3

I.2.2 Précipitation 3

I.2.3 La sismicité 4

I.2.4 Contexte géologique 4

I.3 CONTRAINTE DU TRONÇON 5

I.3.1 Géotechnique 5

I.3.2 Géométrique 5

I.4 CONCLUSION 6

CHAPITRE II : SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE APS 7

II.1 INTRODUCTION 7

II.2 Présentation des variantes 7

II.2.1 Variante 1 7

II.2.2 Variante 2 8

II.3 Analyse multicritère 8

II.4 Conclusion 9

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFICS 10

III.1 INTRODUCTION 10

III.2 IMPORTANCE DE L'ETUDE DE TRAFIC 10

III.3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES DE TRAFIC 10

III.3.1 Campagne de recensement du trafic 11

III.3.1.1 Comptages automatiques 11

III.3.1.2 Comptages manuels 11

III.3.1.3 Enquêtes origine-destination 12

III.4 Compléments d'analyse de trafic 12

III.4.1 Vitesse et temps de parcours 12
III.4.2 La capacite 12
III.4.3 Résultats des affectations 12
III.5 REMARQUE 13
III.6 EVALUATION DE DEMANDE 13
III.6.1 Trafic moyen journalier horizon ($TJMA_h$) 13
III.6.2 Trafic effectif 13
III.6.3 Débit de pointe horaire normale 14
III.6.4 Débit horaire admissibles 14
III.6.5 Nombre de voies 14
III.6.6 L'année de saturation 14
III.7 APPLICATION SUR LE PROJET 15
III.7.1 Les données de trafic 15
III.7.2 Trafic moyen journalier horizon (TJMA) 15
III.7.3 Trafic effectif 15
III.7.4 Débit de pointe horaire normale 15
III.7.5 Débit horaire admissibles 15
III.7.6 Nombre de voies 16
III.7.7 L'année de saturation 16
III.7.8 CONCLUSION 16
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE 17
IV.1 TRACE EN PLAN 17
IV.1.1 Objectif de trace en plan 17
IV.1.2 Catégorie de la route 17
IV.1.3 Critères de trace en plan 17
IV.1.4 Éléments de trace en plan 17
IV.1.4.1 Les alignements 18
IV.1.4.2 Les arcs de cercle 18
IV.1.4.3 Raccordements progressifs (clothoïde) : 19
IV.2 PROFIL EN LONG 21
IV.2.1 La ligne rouge 21
IV.2.1.1 Fonctions de la ligne rouge 21

IV.2.1.2 Règles à suivre lors de la délimitation de la ligne rouge 21
IV.2.2 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long..... 22
IV.2.3 Déclivité 22
IV.2.3.1 Déclivité minimale 22
IV.2.3.2 Déclivité maximale..... 22
IV.2.4 Raccordement en profil en long..... 23
IV.2.4.1 Raccordements convexes (angle saillant ∩) : 23
IV.2.4.2 Raccordements concave (angle rentrant U) : 24
IV.3 PROFIL EN TRAVERS 24
IV.3.1 Classification de profil en travers 24
IV.3.1.1 Profil en travers types 24
IV.3.1.2 Profil en travers courant..... 24
IV.3.2 Les types de profil en travers..... 24
IV.3.3 Éléments de profil en travers..... 25
IV.3.4 Pentes transversales et les devers 25
IV.3.4.1 Alignements et les courbes non déversée (cas où les courbes de rayon R>Rnd : 25
IV.3.4.2 En courbes déversée (cas où les courbes de rayon R<Rnd) : 26
IV.3.5 Changement de dévers..... 26
IV.3.5.1 Point de rotation de dévers..... 26
IV.3.5.2 Evacuation des eaux de ruissellement 26
IV.3.6 Profil en travers de notre section 26
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE 27
V.1 INTRODUCTION..... 27
V.2 OBJECTIF..... 27
V.3 CHAUSSÉE 27
V.3.1 Les type de chaussée 27
V.3.2 Structure de la chaussée 28
V.3.2.1 Couche de surface 28
V.3.2.2 Couches d'assise 28
V.3.2.3 La couche de forme 28
V.4 LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT 28

V.4.1 La méthode de C.B.R (California bearing ratio) 28
V.4.2 Application de la méthode C.B.R 29
V.4.3 Méthode du catalogue algérien 30
V.4.3.1 Application de la méthode 30
V.4.3.2 Dimensionnement de la chaussée 35
V.4.3.3 Application numérique 38
V.5 CONCLUSION 39
CHAPITRE VI : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 40
VI.1 INTRODUCTION 40
VI.1.1 Objectif de l'étude géotechnique 40
VI.2 CAMPAGNE GÉOTECHNIQUE 40
VI.2.1 Les essais in situ 41
VI.2.1.1 Coupes lithologiques 42
VI.2.2 Résultats des essais 45
VI.2.2.1 Lithologie 45
VI.2.2.2 Sondages Pressiométriques 46
VI.2.2.3 SPT 47
VI.2.3 Essais au laboratoire 48
VI.3 DIMENSIONNEMENT DES REMBLAIS 51
VI.3.1 Approche 51
VI.3.2 Problèmes spécifiques aux remblais sur sols compressibles 51
VI.4 PROFIL DE CALCUL 52
VI.4.1 Stabilité au glissement 52
VI.4.2 Méthode d'étude 53
VI.4.2.1 Les hypothèses de la Méthode 53
VI.4.2.2 Vérification à court terme (Non drainée) 54
VI.4.2.3 Vérification à long terme (drainée) 55
VI.4.2.4 Vérification dans le cas sismique 57
VI.4.3 Stabilité au poinçonnement 58
VI.4.4 Tassement 59
VI.4.4.1 Calcul du temps de consolidation 61
VI.5 TECHNIQUES DE CONSTRUCTION 62

CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE 64
VII.1 INTRODUCTION 64
VII.2 TYPES D'OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT 64
VII.3 LES EXIGENCES POUR LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT 64
VII.4 ETUDE HYDROLOGIQUE 65
VII.4.1 Description sommaire de la zone d'étude 65
VII.4.2 Délimitations des bassins versants 66
VII.4.3 Caractéristiques physiques BV 66
VII.4.4 La station météorologique 66
VII.4.5 Etude des crues 66
VII.4.5.1 Coefficient de ruissellement **Cr** 67
VII.4.5.2 Temps de concentration Tc 67
VII.4.5.3 Intensité de pluie 67
VII.4.6 Exemple de calcule de débit et intensité 68
VII.4.7 Présentation des résultats 69
VII.5 ÉTUDE HYDRAULIQUE 69
VII.5.1 Les ouvrages transversaux 69
VII.5.1.1 Dimensionnement des buses 69
VII.5.1.2 Dimensionnement des dalots 70
VII.5.2 Assainissement longitudinal 72
VII.5.2.1 Application au projet 73
CHAPITRE VIII : LES CUBATURES 76
VIII.1 INTRODUCTION 76
VIII.2 BUT DE TERRASSEMENT 76
VIII.3 CUBATURES DE TERRASSEMENT 76
VIII.3.1 Méthode de calcul 76
VIII.3.2 Choix de méthode 76
VIII.3.3 La méthode de la moyenne des aires 76
VIII.4 APPLICATION 77
VIII.5 CUBATURE DE NOTRE PROJET 77
CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 78
IX.1 INTRODUCTION 78

IX.2 L'IMPORTANCE D'ECHANGEUR 78
IX.3 TYPE D'ECHANGEUR 78
IX.4 CARACTÉRISTIQUES GEOMETRIQUES 79
IX.4.1 Tracé en plan 79
IX.4.2 Profil en long 79
IX.4.3 Profil en travers 80
IX.4.4 Pente transversale 80
IX.5 RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE 80
IX.5.1 Bretelle d'entrée 80
IX.5.2 Bretelle de sortie 80
IX.6 DISTANCE ENTRE DEUX POINTS D'ACCÈS 80
CHAPITRE X : OUVRAGES D'ART 81
X.1 INTRODUCTION 81
X.2 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX D'UN OA "PONT" 81
X.3 DIFFÉRENTS TYPES DE PONTS 81
X.4 PONTS NON-COURANTS : 82
X.5 DOMAINES PRIVILÉGI 82
X.6 LES CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES D'ARTS 83
X.7 DESCRIPTION SUR UN OUVRAGE 84
X.7.1 Localisation de l'ouvrage 84
X.7.2 Contraintes générales de conception 85
X.7.3 Principaux matériaux 85
X.7.4 Présentation de l'ouvrage 85
X.8 CONCLUSION 86
CHAPITRE XI : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 87
XI.1.1 Objectif de EIE 87
XI.2 ENVIRONNEMENT DU BEJAÏA 87
XI.2.1 Réseau hydrographique 87
..... 87
XI.2.2 La faune et la flore 88
XI.2.2.1 Les montagnes 88
XI.3 ÉVALUATION DES IMPACTS 89

XI.4 DÉTERMINATION DES IMPACTS DU PROJET 90
XI.4.1 Impact dû aux perturbations de circulation 90
XI.4.2 Impact dû à la pollution de l'air 90
XI.4.3 Impact sur les ressources hydriques 90
XI.4.4 Impacts sur la flore et la faune 91
XI.5 MESURES DE MITIGATION DES IMPACTS 91
XI.5.1 Mesures concernant la pollution sonore 91
XI.5.2 Mesures concernant la pollution atmosphérique 91
XI.5.3 Mesures relatives à l'eau 92
XI.5.4 Mesures relatives à la faune et la flore 92
XI.6 CONCLUSION 92
CHAPITRE XII : SIGNALISATION ROUTIÈRE 93
XII.1 INTRODUCTION 93
XII.1.1 Objectif de la signalisation routière 94
XII.2 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES 94
XII.2.1 Catégories de signaux 94
XII.2.2 Forme des Signaux 94
XII.2.3 Nature et modèle des signaux 95
XII.2.4 Implantation des signaux 95
XII.2.5 Hauteur des signaux 95
XII.2.6 Éclairage des signaux pendant la nuit 96
XII.3 TYPES DE SIGNALISATION 96
XII.3.1 La signalisation verticale 96
XII.3.2 La signalisation horizontale 97
XII.3.3 Signalisation temporaire 98
XII.4 CONCLUSION 98
CHAPITRES XIII : DEVIS QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE 99
XIII.5 INTRODUCTION 99
XIII.5.1 Objectifs 99
XIII.6 MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION 99
XIII.7 CALCUL DU DEVIS ESTIMATIF 99
XIII.8 PRÉSENTATION DU DEVIS 99

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Tracé de la pénétrante 1
Figure 2 : la topographie du site 3
Figure 3 : Carte de précipitation annuelle moyenne de Bejaia 3
Figure 4 : Carte de zonage sismique du territoire national – RPA 2024..... 4
Figure 5 : Carte géologique du Béjaia 5
Figure 6 : La trajectoire du tronçon..... 6
Figure 7 : Axe variante une..... 7
Figure 8 : Axe variante deux 8
Figure 9 : Réseau routier de référence..... 10
Figure 10 : localisation des postes de comptage..... 11
Figure 11:les éléments de trace en plan 18
Figure 12: schématisation d'un raccordement..... Erreur ! Signet non défini.
Figure 13: Schématisation d'un profil en long 21
Figure 14: schéma de visibilité dans l'angle convexe 24
Figure 15:différents types de profil en travers..... 25
Figure 16 : Différents type de chaussée et leurs structures 27
Figure 17: La structure du corps de chaussée..... 30
Figure 18 : Site du projet selon la carte de l'Algérie 31
Figure 19:Résultats de la vérification par Alizé LCPC 38
Figure 20 : PK0 au PK3 42
Figure 21 : PK3 au PK6 43
Figure 22 : PK6 au PK11 44
Figure 23 : la variation des pressions limites en fonction de la profondeur..... 47
Figure 24 : formes d'instabilités..... 51
Figure 25 : Méthode de Bishop..... 53
Figure 26 : Analyse de stabilité du remblai (PK0-PK3) à court terme..... 54
Figure 27 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) à court terme..... 54
Figure 28 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) à court terme 55
Figure 29 : Analyse de stabilité du remblai (PK0-PK3) à long terme 55
Figure 30 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) à long terme 56
Figure 31 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) à long terme 56
Figure 32 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) à long terme..... 56
Figure 33 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) dans le cas sismique 57
Figure 34 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) dans le cas sismique..... 57
Figure 35 : Corrélation entre Cu et Pl..... 58
Figure 36 : Oued Soummam 65
Figure 37 : Dalot..... 70
Figure 38: Fossé de crête de talus en remblai. 74

Figure 39: Fossé de pieds de talus en remblai..... 75
Figure 40 : La méthode de la moyenne des aires 77
Figure 41 : localisation de l'échangeur 78
Figure 42 : type d'ouvrages en fonction de la travée 82
Figure 43: localisation du viaduc 84
Figure 44: les travaux sur l'ouvrage 84
Figure 45: vue en plan d'ouvrage 86
Figure 46:coupe longitudinale 86
Figure 47: coupe transversale sur culée 86
Figure 48 : le réseau hydrographique du Béjaia 87
Figure 49 : Carte topographique Béjaïa..... 89
Figure 50 : les normes d'implantation des signaux 95
Figure 51 : La signalisation verticale 97
Figure 52 : Signalisation horizontale 97
Figure 53 : Quelques signaux horizontaux 97
Figure 54 : Signalisation temporaire..... 98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison entre les variantes 9
Tableau 2: Résultats des Comptages automatiques 11
Tableau 3 : Résultats des comptages manuels 11
Tableau 4 : Traversées d'agglomérations 12
Tableau 5 : Résultats d'affectation par section en 2010.....13
Tableau 6 : coefficient d'équivalence PL selon B40 14
Tableau 7 : les éléments de trace en plan 17
Tableau 8:Valeurs extrêmes des alignements droits 18
Tableau 9:les valeurs des rayons en plan 19
Tableau 10: Les coordonnées des sommets ..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau 11:Valeur limite de la déclivité maximale 23
Tableau 12:Valeurs limites de Rmin en angles saillent et rentrant 23
Tableau 13: dimensions des éléments de profil en travers 26
Tableau 14 : les dévers 26
Tableau 15 : Les coefficients d'équivalence.....29
Tableau 16: Type du réseau principal 30
Tableau 17:climat de la zone 31
Tableau 18: Choix des températures équivalentes.....32
Tableau 19: la durée de vie de la chaussée 32
Tableau 20: Risques pour le réseau RP1 (fascicule 2) 32
Tableau 21: Valeurs du coefficient d'agressivité A.....33
Tableau 22:les classes de sol- support en fonction ICBR.....33
Tableau 23:les classes de sol- support en fonction module E(MPa).....33
Tableau 24:Classe du sol support 34
Tableau 25: surclasse du sol support 34
Tableau 26 : les structures de chaussée pour RP1 35
Tableau 27:Fiche structure grave bitume/grave bitume pour RP1.....36

Tableau 28: les conditions de collage....36
Tableau 29:Performance mécaniques des matériaux bitumineux....38
Tableau 30:Tableau de vérification par alize....39
Tableau 31 : les sondages choisis....41
Tableau 32 : Formations lithologiques du sol....45
Tableau 33 : Résultats des essais pressiométriques....46
Tableau 34 : résultats du l'essai SPT....47
Tableau 35 : Propriétés géotechniques des sols....48
Tableau 36 : Classement des sols selon différents critères....48
Tableau 37 : Résultats des essais d'identification....49
Tableau 38 : Résultats des essais mécaniques....50
Tableau 39 : Résultats de l'essai œdométrique....50
Tableau 40 : Valeurs de facteur de portance selon Eurocod7....59
Tableau 41 : Résultats de vérification du poinçonnement....59
Tableau 42 : Calcul de tassement PK3-PK6....61
Tableau 43 : Valeur du facteur temps en fonction du degré de consolidation.....61
Tableau 44 : Calcul de temps de consolidation pour les deux couches....62
Tableau 45 : Les avantages et les inconvénients des différentes techniques....63
Tableau 46: les valeurs du Cr....67
Tableau 47 : paramètres de Montana....68
Tableau 48 : les résultats de débit....69
Tableau 49 : résultats des itérations....71
Tableau 50: Vérification des conditions d'auto-curage....72
Tableau 51: Les caractéristiques des sous bassins versants....73
Tableau 52: Les caractéristiques des sous bassins versants....74
Tableau 53 : les paramètres géométriques du tracé en plan....79
Tableau 54: les paramètres géométriques du profil en long....79
Tableau 55 : Les types des OA....81
Tableau 56: les ouvrages d'art de notre projet....83
Tableau 57:matériaux utilise....85
Tableau 58 : Devis du projet....100

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET

I.1 CADRE DU PROJET

La pénétrante autoroutière reliant le port de Béjaïa à l'Autoroute Est-Ouest traverse successivement les wilayas de Béjaïa et de Bouira, sur une distance de 100 km, avec 86 km dans la wilaya de Béjaïa.

Son tracé débute au port de Béjaïa et se raccorde à l'Autoroute Est-Ouest au niveau de la commune d'Ahnif, dans la wilaya de Bouira.

Ce projet, entièrement réalisé en tracé neuf, prévoit la construction de deux chaussées chacune composée de trois voies de circulation, avec une vitesse de référence comprise entre 90 et 110 km/h.

Pour une bonne intégration au réseau routier existant, huit échangeurs seront mis en place, permettant un accès direct aux principales agglomérations traversées : Amizour, Ighzer Amokrane, Sidi Aïch, El Kseur, Akbou, Aït Mansour, et Ahnif.

L'infrastructure comprendra 61 ouvrages d'art, 25 viaducs, un tunnel de 1,6 km, ainsi que trois zones de service, afin d'assurer à la fois la sécurité et le confort des usagers.



Figure 1 : Tracé de la pénétrante

I.1.1 Importance stratégique de la pénétrante pour le développement régional

C'est un projet stratégique d'infrastructure de développement qui revêt une grande importance pour le développement à l'échelle régionale, se trouvant dans une région à fort développement économique, il assure aussi la liaison entre la ville portuaire et l'autoroute Est-Ouest, donc il s'agit d'un axe crucial pour le déplacement de biens et d'individus en Algérie.

Il s'agit aussi d'un axe routier essentiel pour l'ouverture de la wilaya de Béjaïa, qui souffre d'une connectivité routière insuffisante avec le réseau routier national, donc ce projet va réduire le

nombre d'accidents en optimisant la qualité des infrastructures et en diminuant les zones de congestion.

En plus de son influence économique, l'infrastructure favorise aussi l'accès à des services indispensables et stimule la croissance de divers domaines tels que l'industrie, le tourisme et l'exploitation des ressources naturelles, donc elle offre la possibilité de générer des emplois et d'accélérer la mise à jour des infrastructures locales.

I.2 DESCRIPTION DU TRONÇON ÉTUDIÉ DE PK 0 AU PK 11

Le projet est réparti en trois section majeurs : (Sec1 : 21,4 km / Sec2 : 26 km / Sec3 : 52 km), et dans le cadre de notre PFE, nous avons étudier un tronçon de 11km qui située dans la Section une.

Le tracé de cette section prend son origine par le carrefour giratoire de la pénétrante, puis contourne à l'arrière-port à l'ouest de Sonatrach et par le nord de l'aéroport, il se prolonge vers les terres agricoles en traversant plusieurs fois l'oued Soummam, en passant également près d'une ligne ferroviaire et des zone urbaine.

Ce tronçon de la pénétrante autoroutière est confronté à des contraintes géotechniques importantes, en particulier liées à la consolidation des sols. En effet, l'ensemble du tracé est réalisé en remblai, car il traverse une zone inondable, ce qui rend les travaux particulièrement complexes.

Afin de permettre le franchissement de l'oued Soummam, dix (10) ouvrages d'art sont actuellement en construction.

Par ailleurs, trois échangeurs sont également en cours de réalisation pour assurer la connexion avec le réseau routier existant, notamment les routes nationales **RN12**, **RN75** et **RN9**, renforçant ainsi l'accessibilité régionale.

Pour garantir la stabilité de l'infrastructure, plusieurs techniques de renforcement du sol sont mises en œuvre, notamment :

- Les préchargements avec des drains verticaux.
- Les colonnes ballastées
- La substitution de sol.

Ces méthodes permettent d'accélérer la consolidation, d'améliorer la portance et de limiter les tassements, assurant ainsi la sécurité et la durabilité des ouvrages.

I.2.1 La topographie du site

Le projet situé dans une zone montagneuse et agricole présente des fortes pentes jusqu'à 550 m, la sinuosité de l'oued Soummam et la condensation urbaine donnent un défi pour le choix de la trajectoire du projet.

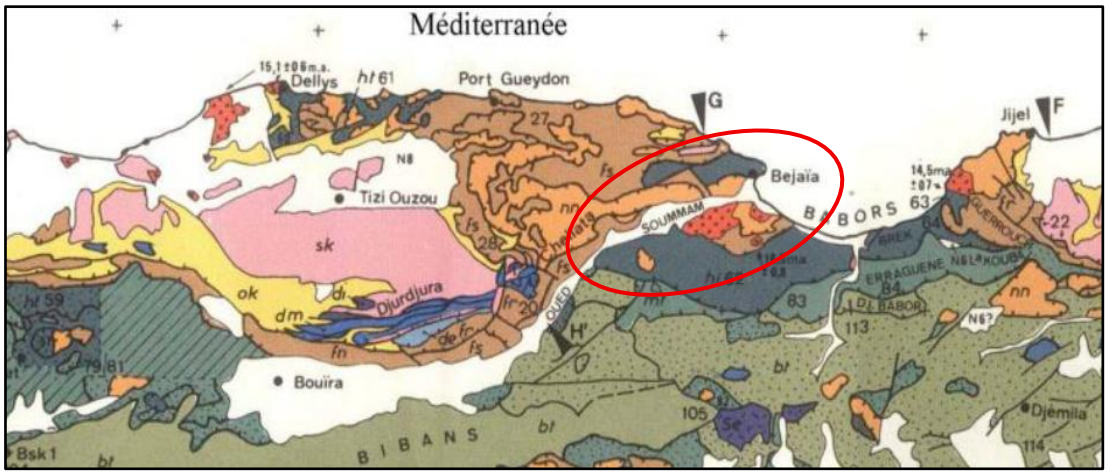


Figure 2 : la topographie du site

I.2.2 Précipitation

D'après la carte de précipitations annuelles moyennes de Béjaïa et d'après la légend de la carte on peut dire que la précipitation annuelle moyenne de la zone du projet est de 800 mm.

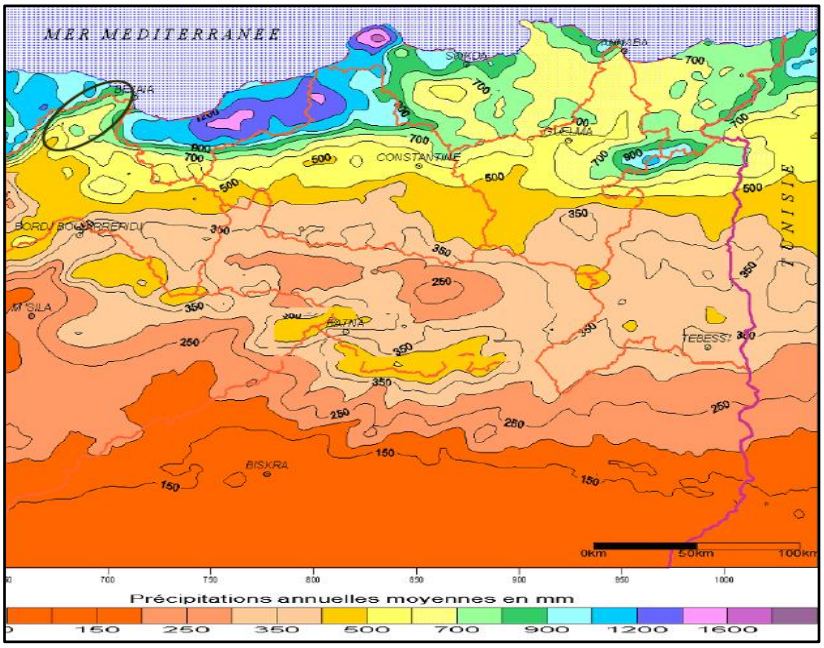


Figure 3 : Carte de précipitation annuelle moyenne de Bejaia

I.2.3 La sismicité

Le territoire national est divisé en sept (07) zones de sismicité croissante, définies sur la carte des zones de sismicité.

La wilaya de Bejaia présente 3 zones de sismicité mais notre projet est dans la zone V (sismicité élevée).

Ce facteur doit nécessairement être considéré dans le dimensionnement des ouvrages d'art.

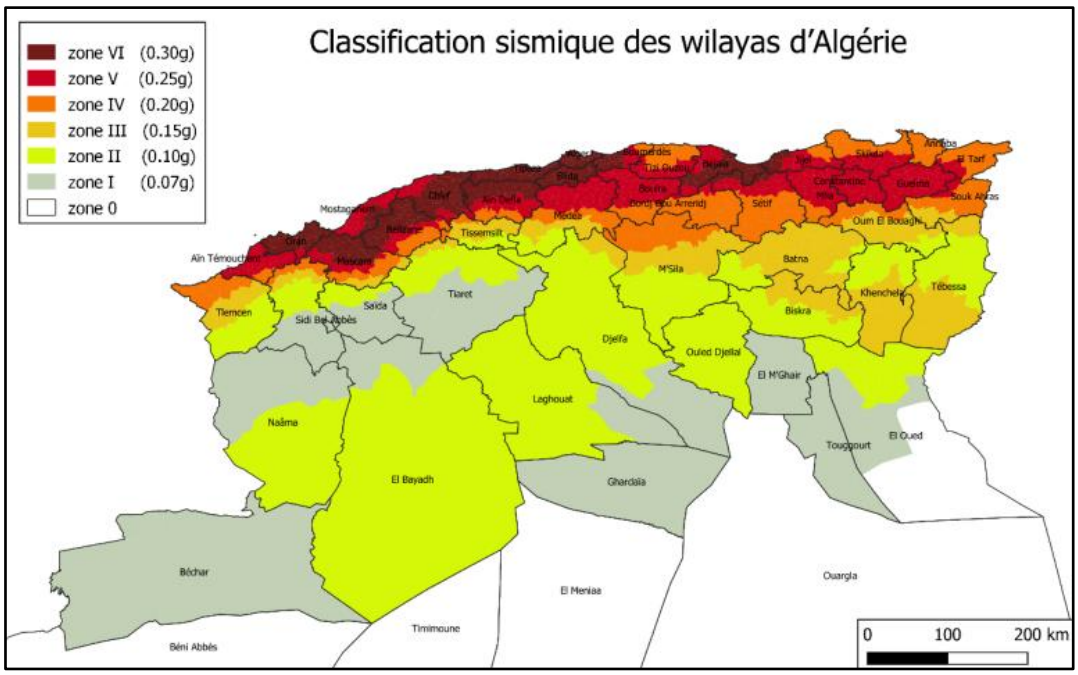


Figure 4 : Carte de zonage sismique du territoire national – RPA 2024

I.2.4 Contexte géologique

Le projet se trouve dans la chaîne de montagnes de l'Atlas tellien, qui présente une structure alpine, elle définit deux vastes régions géologiques qui sont :

- L'Atlas tellien du nord, au nord de la vallée de Soummam-Bouira (Grande Kabylie).
- L'Atlas tellien du sud, au sud de la vallée (Petite Kabylie, Bibans).

Les zones du grand kabyle sont composées d'un socle schisto-gneissique métamorphique, d'une couverture sédimentaire paléo-mésozoïque et d'un flysch principalement composé de grès et de pélites, le massif élevé de Chellata, situé au nord d'Akbou, est constitué par la dorsale calcaire jurassique.

Alors que les zones du petit kabyle se composent d'une superposition de couches de charriage dominées par des matériaux marneux et marno-calcaires, du Crétacé, et d'un parautochtone illustré par des strates calcaires très épaisses qui constituent les massifs des Babors (Timezrit, Gouraya, Gueldamène).

Tandis que La Soummam est composée de terrains plutôt récents, appartenant au mio-pliocène post-nappes et qui présentent principalement une dominance argileuse, elle est également caractérisée par un remplissage alluvial d'épaisseur quaternaire.

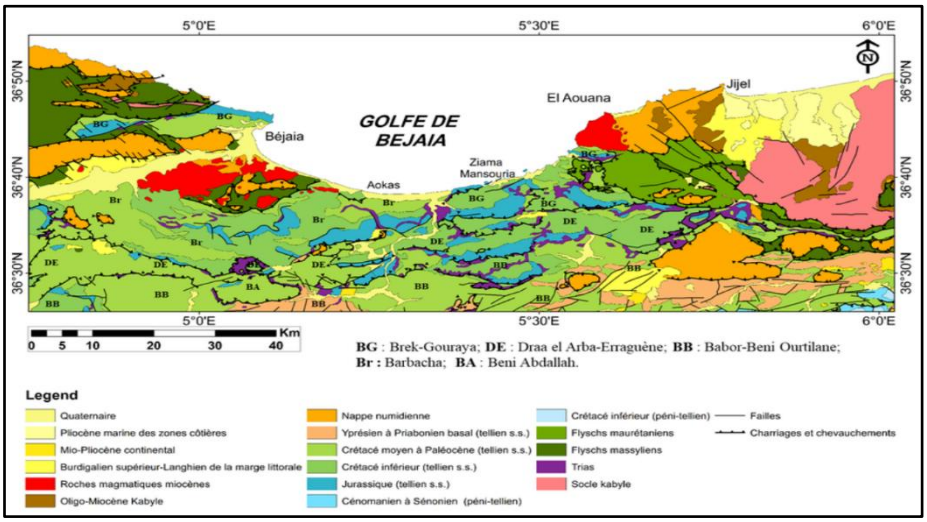


Figure 5 : Carte géologique du Béjaia

I.3 CONTRAINTE DU TRONÇON

I.3.1 Géotechnique

Le tracé de la pénétrante commence par traverser des zones alluviales et argileuse dans certaines zones autour de l'Oued de Soummam, ces zones sont souvent compressibles et peut causer des tassements différentiels.

Les sols compressibles peuvent être définis comme ceux qui présentent une compressibilité extrêmement élevée lors de la charge, parmi les sols souvent compressibles, on retrouve principalement les argiles en raison de la finesse de leurs particules solides.

Quand un sol est chargé par (des fondations, remblais, mur de soutènement, etc..), il se produit des déformations dans le milieu. On appelle ces déformations (compressibilités) verticaux vers le bas, **les tassements**.

I.3.2 Géométrique

Les 11 kilomètres que nous avons choisis posent plusieurs défis géométriques complexes liés à la topographie du site avec des conditions géotechniques et à l'urbanisation de la zone parcourue.

Le tronçon fait face aux défis suivants :

- Traversée multiple de l'oued de La Soummam, la sinuosité de l'oued nécessite des traversées fréquentes, c'est-à-dire que des infrastructures majeures sont demandées, comme les ponts, les viaducs…, ce qui impose une étude parfaite et chère pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic, de même qu'une gestion permanente des zones sujettes aux inondations et une conformité au lit majeur/minor de l'oued.

- Le tracé traverse également une zone urbaine très densément peuplée, ce qui entraîne une augmentation de la pression spatiale, notamment avec les propriétaires réticents à vendre leurs terrains. Par ailleurs, les ingénieurs doivent maximiser la sécurité afin de protéger les résidents et les animaux à proximité de la route et cherche à minimiser l'impact sonore par l'utilisation des techniques spéciales qui, inévitablement, font augmenter le coût de conception du projet.

- Il est également observable que le parcours passe par d'importantes zones agricoles, qu'elles soient privées ou publiques, et cela constitue un préjudice pour l'environnement.

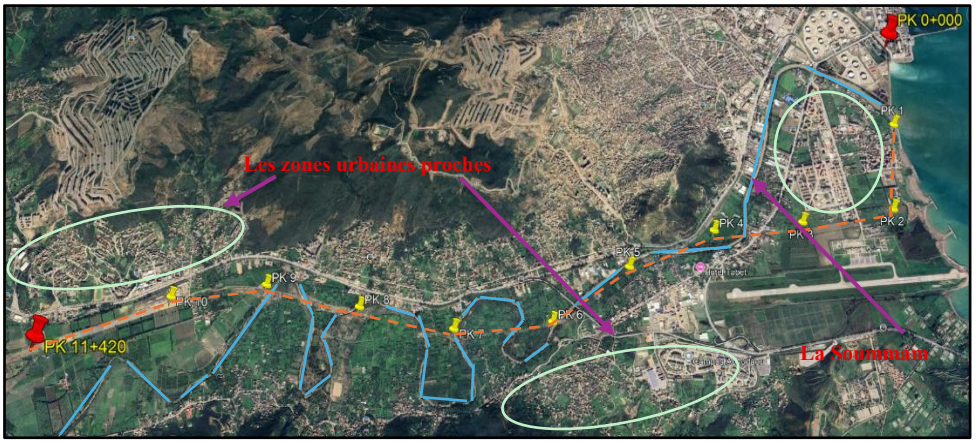


Figure 6 : La trajectoire du tronçon

I.4 CONCLUSION

Le projet de construction de cette infrastructure est visé pour améliorer considérablement la liaison régionale ainsi que l'efficacité du système de transport, que ce soient des voyageurs ou bien des marchandises, dans la wilaya de Bejaïa.

Malgré que l'avancement des travaux de notre projet de fin d'études prenne plus de temps que prévu à cause du caractère marécageux du terrain, qui recommande beaucoup de remblais et un traitement très lent afin de garantir des travaux de qualité, le groupement algéro-chinois CRCC-SAPTA travaille en continu, étudier et analyser les contraintes géotechniques de ce tronçon et les résoudre après l'dentification des zones à risque de tassements et d'instabilité et suggérer des solutions appropriées et fournissant tous les efforts et techniques pour livrer le projet à temps.

CHAPITRE II : SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE APS

II.1 INTRODUCTION

L'étude Avant-Projet Sommaire (APS) constitue l'une des étapes cruciales d'un projet, elle se situe après l'étude de faisabilité et avant l'étude APD.

Afin de déterminer la variante la moins contraignante, l'identification du couloir reliant le port de Béjaia à l'Autoroute Est-Ouest a été effectuée en se basant sur une analyse comparative de ces différentes variantes par rapport à plusieurs contraints existantes liés au développement de la région traversée, à la préservation de l'environnement et à l'amélioration du projet.

II.2 PRÉSENTATION DES VARIANTES

Dans cette phase, on va étudier 2 variantes afin de trouver la meilleure suivant une analyse multicritère.

II.2.1 Variante 1

- Une longueur de 11.3 km.
- Un tracé 100% neuf.
- Passant par l'Oued de la Soummam 10 fois.
- Compris 3 échangeurs au : PK 3+000, PK 6+100, PK11+200
- Faire une liaison avec les RN 9, 75, 12.



Figure 7 : Axe variante une

II.2.2 Variante 2

- Une longueur de 11.1 km.
- Il s'agit d'un tracé de 9 km d'infrastructure neuve et de 2,1 km de travaux d'élargissement d'une voie existante.
- Elle se passe 8 fois par l'Oued de la Soummam.
- Compris deux échangeurs au PK : 6+100 et 3+000.
- Liée les RN 12, 9, 75.



Figure 8 : Axe variante deux

II.3 ANALYSE MULTICRITÈRE

On va comparer les contraintes de ces deux variantes pour avoir la variante optimale qui va développer la région avec un coût minimal.

Le tracé des deux variantes est plus ou moins le même, surtout dans les derniers PK (5-11), à cause des plusieurs contraintes dans le couloir des variantes, comme la sinuosité de la Soummam, les terrains agricoles privés ou bien naturels, l'urbanisation condensée.

Ainsi le sol de ces deux variantes présente des risques de glissements, donc les traitements géotechniques vont être les même pour les deux.

Tableau 1 : Comparaison entre les variantes

Variantes / Contraintes	Variante 1	Variante 2
Longueur (km)	11.3	11.1
Ouvrages d'art	10	8
Terrassement (m^3)	2550021.3	2532205.5

II.4 CONCLUSION

Selon l'étude effectuée et les observations, on note que les deux variantes traversent une zone présentant des caractéristiques similaires qui entraînent des coûts différents mais la deuxième variante présente beaucoup d'expropriations quel que soit des terrain privé, agriculture, ou bien des habitations.

On va choisir la Variante 1.

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFICS

III.1 INTRODUCTION

L'étude de trafic joux un rôle important dans les conceptions des infrastructures de transport.

L'analyse du trafic est une base pour trouver les meilleures solutions d'aménagement (nombre de voies, les dimensions de chaussée), Et permet de savoir les types de trafic qui utilisent cette route (trafic normal, trafic induit et trafic totale), et composition de trafic (poids lourd, véhicules légers).

III.2 IMPORTANCE DE L'ETUDE DE TRAFIC

Détermination le type de planification à partir de la conception d'un simple carrefour atteindre à grande liaison autoroutière.

Une guide pour le dimensionnement la structure de la chaussée (profil en travers).

III.3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES DE TRAFIC

- Également, la quasi-totalité des agglomérations de la région d'étude connaît une extension urbaine considérable le long de la RN26 et de la RN12.
- La région d'étude est desservie par un réseau routier relativement bien maillé, répertorié en routes nationales et chemins de wilaya assez dense, dont les plus importants sont :
  La RN 12, la RN 24, la RN 9, la RN 75 et le CW 43 Ces axes relient les principaux pôles générateurs de trafic de la région d'étude.
- Le port de Béjaïa constitue un pôle économique. Dans ce cadre, une étude développement et d'extension du port de Béjaïa a été élaborée.

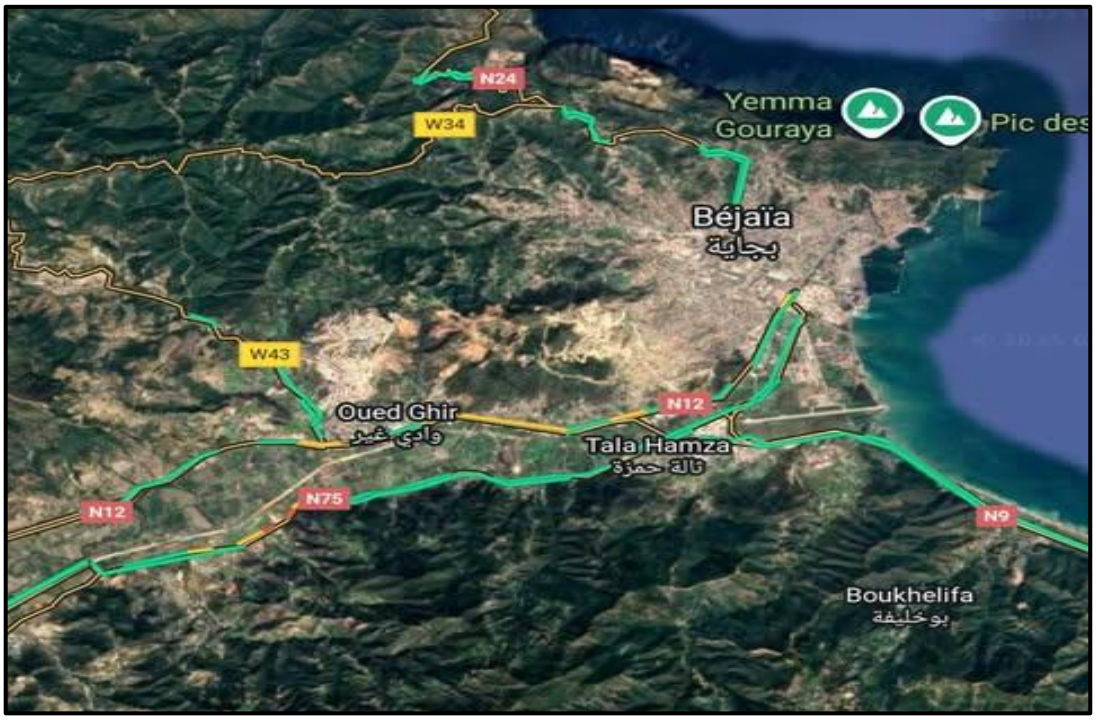


Figure 9 : Réseau routier de référence

III.3.1 Campagne de recensement du trafic

III.3.1.1 Comptages automatiques

Les résultats des comptages automatiques sont comme suit :

Tableau 2: Résultats des Comptages automatiques

Poste	Sens	Volume de trafic par sens (véh/jour)
Akbou	Vers Alger	10 567
	Vers Bejaia	9 026
Adekar	Vers Adekar	2 130
	Vers El Kseur	3 317
Oued Ghir	Vers El Kseur	9 540
	Vers Bejaia	10 114

III.3.1.2 Comptages manuels

Les volumes mesurés se présentent comme suit :

Tableau 3 : Résultats des comptages manuels

Poste	Sens	Volume de trafic par sens (véh/jour)
Akbou	Vers Alger	5 650
	Vers Bejaia	5 022
Adekar	Vers Adekar	1 290
	Vers El Kseur	1 310
El Kseur	Vers alger	5 450
	Vers Bejaia	6 450

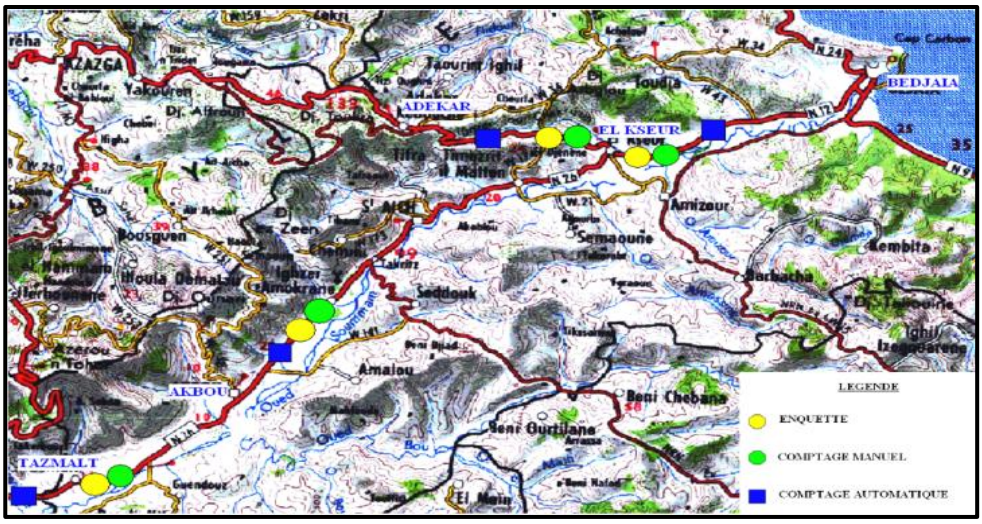


Figure 10 : localisation des postes de comptage

III.3.1.3 Enquêtes origine-destination

Se sont déroulées parallèlement aux comptages manuels, Elles se sont déroulées au niveau de quatre sites dont chacun comprend deux postes d'enquête (par sens de circulation), pour un total de huit postes d'enquêtes.

III.4 COMPLÉMENTS D'ANALYSE DE TRAFIC

III.4.1 Vitesse et temps de parcours

Dans le but de statuer sur le degré de congestion des sections observées et sur les traversées d'agglomération, étaient enregistrées un ensemble d'observations relatives : à la vitesse pratiquée et à la distance parcourue pour les traversées d'agglomération.
Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Traversées d'agglomérations

Route	Section	Longueur (Km)	Agglomérations traversées	Distance parcourue (Km)
RN26	Tazmalt – Akbou	16	Allaghane, Akbou	14
RN26	Akbou – Sidi Aich	22	Ighzer Amokrane, Takrietz, Sidi Aich	15
RN26	Sidi Aich – El Kseur	18	Ilmayen, El Kseur	8
RN12	El Kseur – Béjaia	16	Oued Ghir, Béjaia	9
		72		46

III.4.2 La capacite

D'après le tableau IV.3 et les comptages nous constatons que plus de 50 % du parcours traverse des agglomérations, Cela se traduit par le ralentissement permanent de la circulation sur ces sections surtout avec le grand volume des véhicules, donc des vitesses réduites et des temps de parcours plus longs.
Nous en concluons que le réseau existant est chargé et en saturation et la réserve de la capacité est dépassée donc la construction d'une pénétrante est nécessaire afin de réduire la pression sur les réseaux existants.

III.4.3 Résultats des affectations

Le réseau pris en compte pour la modélisation est constitué de l'ensemble des routes nationales, traversant la région d'étude, et des principaux chemins de wilaya servant de relais entre les routes du réseau principal ou desservant des zones de trafic.
La matrice finale obtenue a été affectée sur le réseau de référence modélisé.
Les résultats d'affectation de cette matrice des échanges à l'année 2005, donnés par le logiciel Polydrome, se présentent comme suit :

Tableau 5 : Résultats d'affectation par section en 2010

Section	Longueur (km)	TJMA (Véh/jour)
El Adjiba – Tazmalt	30	16 998
Tazmalt – Akbou	16	20 157
Akbou – Sidi Aich	22	18 044
Sidi Aich – El Kseur	18	18 580
El Kseur – Béjaia	16	42 704

Notre section est El Kseur – Béjaia donc $TJMA_{2010}$=42 704 (Véh/jour).

III.5 REMARQUE

L'affectation de comptage initial réaliser en 2010, dont la une valeur de TJMA élevé cependant aucune compagne de comptage actualisé en 2021 année de début des travaux. En raison de manque de données nécessaires de recourir à une actualisation théorique du trafic à partir de la base 2010.

Un taux d'actualisation modéré de 0.4 %/an a été retenu sur la période de 2010 à 2021, cette valeur relative à l'influence lente du trafic sur la section surtout avant l'ouverture de circulation.

$TJMA_{2021}= TJMA_{2010}(1+0.004)^{11}$

$TJMA_{2021}$=44 621 v/j

Pour la période 2021 à 2027, on prend un taux d'accroissement 3%/an, ce taux plus dynamique établi sur une vision réaliste de la croissance économique et de trafic après la mise en service de projet.

$TJMA_{2027}= TJMA_{2021}(1+0.03)^{6}$

$TJMA_{2027}$=53 279v/j

III.6 EVALUATION DE DEMANDE

III.6.1 Trafic moyen journalier horizon ($TJMA_h$)

$$TJMA_h=TJMA_0(1+\tau)^n$$

Avec :

- $TJMA_h$: Trafic à l'année de l'horizon (v/j).
- $TJMA_0$: Trafic à l'année de référence (v/j).
- τ : Taux d'accroissement du trafic (%).
- n : Nombre d'année.

III.6.2 Trafic effectif

C'est le trafic traduit qui donne une idée sur volume des véhicules en (U.V.P).

Selon : - catégorie de route.

- L'environnement.

Avec : $Teff=((1-Z) +P*Z) *TJMA_h$

Teff : trafic effectif à l'horizon

Z : pourcentage poids lourd

P : coefficient d'équivalence de poids lourd

Tableau 6 : coefficient d'équivalence PL selon B40

Environnement	Terrain plat E1	Terrain vallonné E2	Terrain montagneux E3
Routes à bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

III.6.3 Débit de pointe horaire normale

C'est la concentration de futurs véhicules dans l'heure la plus chargée dans la journée.

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

Avec : Q : Débit de pointe horaire normale **(uvp/h)**.

n : coefficient de pointe.

III.6.4 Débit horaire admissibles

$Qadm= K1. K2. Cth$

III.6.5 Nombre de voies

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :** Nous comparons débit de pointe horaire normale Q avec débit horaire admissibles Qadm et choisissons le profil qui correspond à la valeurs Qadm la plus proche de Q.
  C'est-à-dire : Qadm>Q
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :** calculé par n=S*Q/Qadm, et nous prenons la valeur la plus proche de n.
  Avec : S : étant le coefficient de dissymétrie pris égal à 2/3

III.6.6 L'année de saturation

La saturation de la voie est atteinte lorsque le débit horaire de pointe à l'année horizon est égal au débit admissible.

$$\mathbf{Nsat}=\text{Ln}\left(\frac{Qsaturation}{Qmise\ en\ service}\right) \Big/ \ln(1+\tau)$$

Avec :

- N_{sat} : l'année de saturation de la route
- $Q_{saturation}$: Débit maximale que supportée par la route.

  $$Q_{saturation} = n * Q_{adm}$$

- $Q_{mise\ en\ service}$: débit de pointe horaire à l'année de mise en service.

$Q_{mise\ en\ service}=(1/n)$ *Teff $_{mise\ en\ service}$

Teff $_{mise\ en\ service}=((1-Z)+P*Z)$ *TJMA $_{mise\ en\ service}$

III.7 APPLICATION SUR LE PROJET

III.7.1 Les données de trafic

Selon les résultats de comptage :

- Trafic journalier moyen annuel $TJMA_{2021}$ = 44 621v/j.
- L'année de mise service : 2027.
- La durée de vie de la route 20ans.
- Pourcentage de poids lourd Z=20%.
- Coefficient d'équivalence de poids lourd P=4.
- Catégorie C1.
- L'environnement E2.
- Taux d'accroissement annuel de trafic τ=3%

III.7.2 Trafic moyen journalier horizon (TJMA)

$TJMA_{2027}=TJMA_{2021}(1+\tau)^n$
$TJMA_{2027}=44\ 621\ (1+0.03)^6$
$TJMA_{2027}$=53 279v/j

$TJMA_{2047}$=96 227v/j

III.7.3 Trafic effectif

$Teff_{2047}=((1-Z)+P*Z)*TJMA_{2047}$

$Teff_{2047}= ((1-0.2)+4*0.2)*96227$

$Teff_{2047}$=153 963 uvp/j

III.7.4 Débit de pointe horaire normale

$Q_{2047}=(1/n)*Teff_{2047}$

$Q_{2047}=0.12*153\ 963$

Q_{2047}= 18 475uvp/h

III.7.5 Débit horaire admissibles

Qadm= = K1. K2. Cth

Cth=2400 uvp/h d'après le B40.

Qadm=0.99×0.85×2400 = 2020 uvp/h

III.7.6 Nombre de voies

Le nombre de voies est dimensionné sur les prévisions de trafic attendu à l'année de mise en service pour éviter un surdimensionnement excessif.

n= 2/3*(Q/Qadm)

n= $\frac{2}{3} * \frac{18475}{2020}$=6

Selon ICTAAL et par des raisons économiques et de l'expropriation des grands terrains on prend n= 2*3 voies élargissables 2*4 voies.

III.7.7 L'année de saturation

$Teff_{2027}$=85 246uvp/j

Q_{2027}= 2/3*0.12*85246

Q_{2027}= 6800uvp/h/sens

$Q_{saturation}$ =7200 uvp/h/sens

n=2ans

donc la saturation en 2029

L'examen de ces résultats montre que la section est théoriquement proche de la saturation dès sa mise en service. Ceci dénote le degré de congestion de la section dû à l'importance des flux circulant.

III.7.8 CONCLUSION

En raison du problème de saturation de la pénétrante et du problème d'expropriation, veuillez miser en place d'un suivi continu du trafic avec faire l'élargissement de 2*4voies, chercher un autre itinéraire, dédoubler les routes nationales (RN12, RN26), aménager de voies réservées aux poids lourds pour soulager la pénétrante

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est l'une des caractéristiques géométriques d'une route, qui permet la projection verticale de la route sur un plan horizontal. Il se compose de : successions d'alignements droits et des courbes, soit séparément, soit reliées par des raccordements progressifs (clothoïde).

IV.1.1 Objectif de trace en plan

- Assurer les meilleures conditions de conduite et le confort aux usagers.
- Eviter plusieurs contraintes qui entravent le tracé.
- Optimiser les volumes de terrassement.

IV.1.2 Catégorie de la route

La détermination de la catégorie de l'autoroute dépende de l'environnement.

Les catégories sont définies par L'ICTAAL :

- Catégorie L_1 : Liée à la zone de terrine plate où les contraintes de relief sont modérées.
- Catégorie L_2 : Liée aux sites de topographe plus difficiles.

Pour notre section :

Tableau 7 : les éléments de trace en plan

Catégorie	Section	Vitesse
L_2	PK0+000~PK11+000	110 Km/h

IV.1.3 Critères de trace en plan

Le tracé en plan demandé nécessite quelques règles :

- Application des normes ICTAAL.
- Séparez deux courbes de même sens par un alignement droit.
- Les rayons minimaux sont utilisables seulement dans les routes à petite vitesse.
- Ne pas utiliser les rayons inférieurs au rayon horizontal minimal.
- Respecter l'environnement et les terrains agricoles.
- Minimiser le passage sur les cours d'eau pour éviter les ouvrages d'art.

IV.1.4 Éléments de trace en plan

Le tracé en plan est composé de trois éléments :

- Les alignements
- Les arcs de cercle
- Les raccordements progressifs

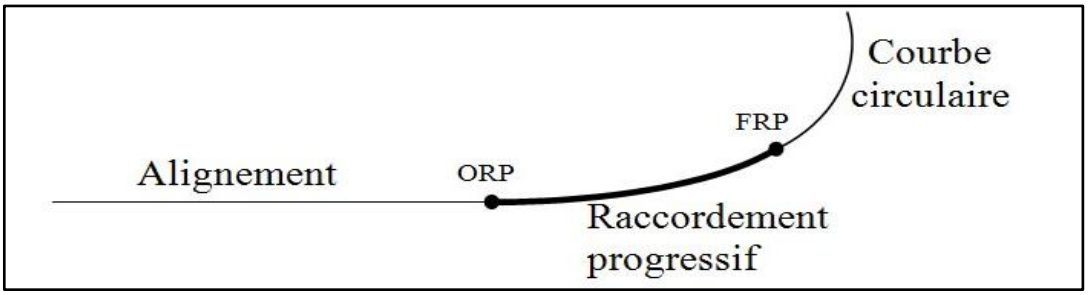


Figure 11:les éléments de trace en plan

IV.1.4.1 Les alignements

Dans la conception de tracé en plan pour assurer une conduite plus sécurisée et éviter les accidents de la circulation, il y a des exigences concernant la longueur des alignements droits.

La longueur des alignements dans le tracé en plans selon B40 :

- Longueur minimale (L_{min}) : C'est la distance minimale qui séparé deux courbes de même sens et doit être parcourue en cinq secondes avec la vitesse maximale autorisé par le plus grand rayon de deux arcs de cercle. L_{min} =5Vb/3.6

- Longueur maximale (L_{max}) : C'est la distance minimale qui doit être parcourue en soixante secondes. L_{max}=60Vb/3.6

Tableau 8:Valeurs extrêmes des alignements droits

Vitesse de base Vb (Km/h)	110
Longueur minimal L_{min} (m)	$5*\frac{110}{3.6}$=152.77≈160
Longueur maximal L_{max} (m)	$60*\frac{110}{3.6}$=1833.33≈1900

IV.1.4.2 Les arcs de cercle

Il y a trois facteurs qui aident sur la limitation des courbes :

- **La force centrifuge** : qui affecte la stabilité des véhicules lorsqu'ils roulent à grande vitesse.
- **Visibilité** : capacité de voir la courbe et la distance vers l'avant.
- **Les véhicules longs** : Assurer que les véhicules de grande taille peuvent passer le virage à facilement et sans emprunter la deuxième voie

- **Les rayons en plan**

Selon ICTAAL, la section est de catégorie L_2 liée au site de topographe plus difficile.

Donc, les valeurs des rayons en plan minimales à respecter données dans ce tableau :

Tableau 9:les valeurs des rayons en plan

Catégorie	L_2
Rayon minimal Rm (m)	400
Rayon non déversé Rdn (m)	650

C'est possible de poser des rayons supérieurs ou égaux à 1.5Rdn pour une bonne application des normes routières, ce qui assure la sécurité des usagers, si cela n'entraîne pas de surcoûts. (c-a-d 1.5 Rdn=975m).

IV.1.4.3 Raccordements progressifs (clothoïde) :

Pour les rayons en plan qui sont inférieurs à 1.5Rdn, la transition d'alignement droit vers le cercle doits être de manière ascendante, selon ICTAAL en utilisant des raccordements progressifs (clothoïdes).

IV.1.4.3.1 Clothoïdes et son expression :

Une courbe circulaire à rayon variable qui permet de passer d'un alignement droit à une courbe qui traverse un rayon qui change progressivement.

K = $C*L = 1/R$
$R*L$ =1/C
Pose A^2=R*L
A : : Paramètre de la Clothoïde.
R : Rayon de l'arc de cercle utilisé.
L : longueur totale de la portion de clothoïde utilisée.

Les courbes de raccordement respectant les conditions :

- Sécurité optimale et stabilité.
- Confort maximal et une conduite dans les bonnes conditions.
- Un tracé esthétique et fluide.
- Facilité d'accès par transition progressive.

IV.1.4.3.2 Longueur du raccordement progressif

L=Max $(14|\Delta\delta|, \frac{R}{9})$

Avec :

- R (m) : le rayon de courbure
- $\Delta\delta = |\delta 1 - \delta 0|$: La différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés (%).

  $\delta 1$: Pentes transversales initiale.

  $\delta 0$: Divers de la courbe.

- **Longueur du raccordement progressif**

- L=max $(14|\Delta\delta|, \frac{R}{9})$

$\Delta\delta = -2.5 - 2.5 = -5$

L=max $(14|-5|, \frac{700}{9})$

L= max (70,77.77)

L=77.77m

- **Le paramètre :**

- A = $\sqrt{L * R}$

A=233.32

IV.1.4.3.3 Enchainement des éléments du trace en plan

La condition de l'enchaînements des éléments du tracé en plan est applicable juste pour les rayons qui inférieur à 1.5Rdn (si R<975m).

- Respecter les conditions à appliquer en cas de deux courbes successives :

✓ R1/ R2 < 1,5

✓ R2<1.5Rdn

✓ L'entrée de ces courbes est précédée d'une distance droite de 500m à 1000m

Sachant que R1 correspond à première courbe, et R2 correspond à la deuxième courbe.

Cette exigence permet de diminuer les accidents de transition entre les courbes.

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

Distance estimée pour donner au conducteur le temps d'ajuster sa position.

IV.2 PROFIL EN LONG

Le profil en long d'une route est une ligne continue qui se passe par l'axe de la route, elle est obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale imaginaire, illustrée sur un plan, à une échelle déterminée.

Le profil en long est toujours constitué d'éléments de lignes droites connectés par des paraboles, il est aussi caractérisé par une succession de pentes connectées par des raccordements paraboliques qui constituent les raccordements verticaux.

L'objectif principal du profil en long est de garantir au conducteur une continuité sur la voie routière, pour lui permettre d'anticiper le tracé et de bien percevoir les points singuliers.

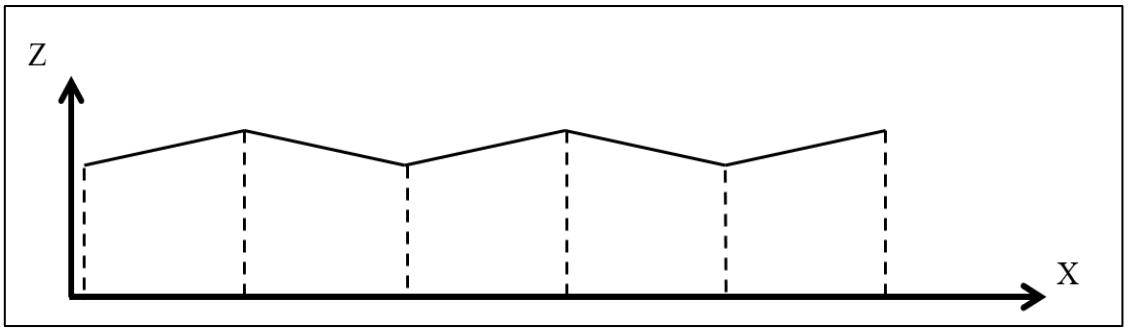


Figure 12: Schématisation d'un profil en long

IV.2.1 La ligne rouge

Dans la planification routière, la ligne rouge représente l'axe théorique du tracé comme une ligne imaginaire qui détermine l'emplacement exact de la route.

Elle est décidée par une équipe d'ingénieurs qualifiés pour choisir le meilleur emplacement ou bien l'altitude dans le terrain.

IV.2.1.1 Fonctions de la ligne rouge

- Définir les limites du projet.
- Aidez les topographes à contrôler l'emplacement de la route.
- Déterminer les volumes exacts des remblais et des déblais en fonction des contraintes du terrain.

IV.2.1.2 Règles à suivre lors de la délimitation de la ligne rouge

La définition de la ligne rouge, qui représente le tracé retenu pour le projet, n'est pas fortuite. Elle doit toutefois se conformer à certaines exigences relatives au confort, à la visibilité, à la sécurité et à l'évacuation des eaux de pluie.

Pour respecter ces exigences, respectons certaines conditions :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Il faut s'adapter au relief naturel pour réduire les coûts liés aux travaux de terrassement.

- Il est important de ne pas excéder une pente maximale recommandée par les règlements.
- Évitez les remblais et les déblais de hauteurs excessives.
- Garantir l'écoulement des eaux pluviales.

IV.2.2 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long

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

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : $R_{vertical} > 6R_{horizontal}$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

IV.2.3 Déclivité

C'est est le rapport de la tangente de l'angle que forme la ligne rouge du profil en long avec l'horizontale. On appelle pente pour les descentes et rampe pour les montées.

IV.2.3.1 Déclivité minimale

- Éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieur à 0.5% pour éviter la stagnation des eaux.
- Dans les sections en déblais en prend : $D_{min} = 0.5$ % pour que les ouvrages des canalisations ne soient pas profonds.

IV.2.3.2 Déclivité maximale

La pente maximale est influencée par l'adhérence entre les pneus et la route, elle est également déterminée par la diminution des vitesses qu'elle entraîne, particulièrement pour les poids lourds, car la majorité des véhicules légers disposent d'une puissance importante.

Elle doit être inférieure à une valeur limite liée au niveau de service, car la baisse rapide de vitesse entraîne un effort considérable de freinage pour les poids lourds qui provoque l'usure des pneus.

Tableau 10:Valeur limite de la déclivité maximale

Catégorie	L2
Déclivité maximale	6 %

IV.2.4 Raccordement en profil en long

Les transitions de déclivité sont des éléments spécifiques dans le profil en long, ces transitions sont réalisées grâce à l'intégration d'un raccordement circulaire qui doit répondre aux critères de confort et de visibilité.

Tableau 11:Valeurs limites de Rmin en angles saillent et rentrant

Catégorie	L2
Rayon minimal en angle saillant	6000 m
Rayon minimal en angle rentrant	3000 m

On distingue deux types de raccordement :

IV.2.4.1 Raccordements convexes (angle saillant ∩) :

La détermination des rayons minimaux acceptables pour les raccordements paraboliques dans les angles saillants se fait en tenant compte de l'emplacement de l'œil humain, des obstacles présents et des distances d'arrêt et de visibilité, dans le but de respecter la condition suivante :

IV.2.4.1.1 Condition de confort et de visibilité :

Le code de la route établit les directives de conduite pour les situations où la visibilité n'est pas optimale ou bien la conduite n’est pas confortable, cela peut inclure soit des conditions climatiques adverses (comme la pluie ou le brouillard), soit des configurations physiques spécifiques (tels que les sommets de côte, les intersections et les virages).

Ces critères sont fonction de la vitesse à laquelle on roule, du délai de réaction et de la distance requise pour réaliser la manœuvre ciblée.

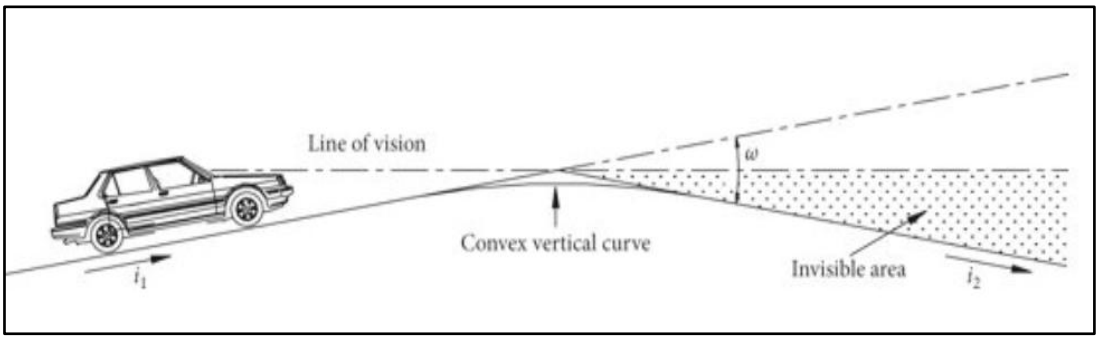


Figure 13: schéma de visibilité dans l'angle convexe

IV.2.4.2 Raccordements concave (angle rentrant U) :

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

IV.3 PROFIL EN TRAVERS

L'étude d'avant-projet routier contient une pièce représentant une coupe transversale de la chaussée de la route, ainsi que sa largeur, ses éléments et l'épaisseur des différentes couches.

IV.3.1 Classification de profil en travers

On trouve deux catégories :

IV.3.1.1 Profil en travers types

Ou profil unique, c'est le profil qui inclut toutes les dimensions et les éléments de la chaussée, comme :

- Nombre et largeur des voies.
- Les dévers.
- Les couches (couche de base, couche de fondation, couche de roulement).
- Les zones de déblai et de remblai.

IV.3.1.2 Profil en travers courant

Il s'agit d'un profil qui est placée tous les 20 ou 25 mètres. En tenant compte les altitudes de terrain et de la route de notre projet, on applique le profil en travers courant pour calculer les volumes de terrassement (les cubatures).

IV.3.2 Les types de profil en travers

Selon le positionnement de la cote de projet, il existe trois profils :

- **Profil en travers déblai :** le cas où le niveau de la ligne rouge de l'axe de projet est au-dessous du niveau du terrain naturel.
- **Profil en travers remblai :** le cas où le niveau de la ligne rouge de l'axe de projet est au-dessus du niveau du terrain naturel.

- **Profil en travers mixte :** le cas où le profil contient à la fois le déblai et le remblai.

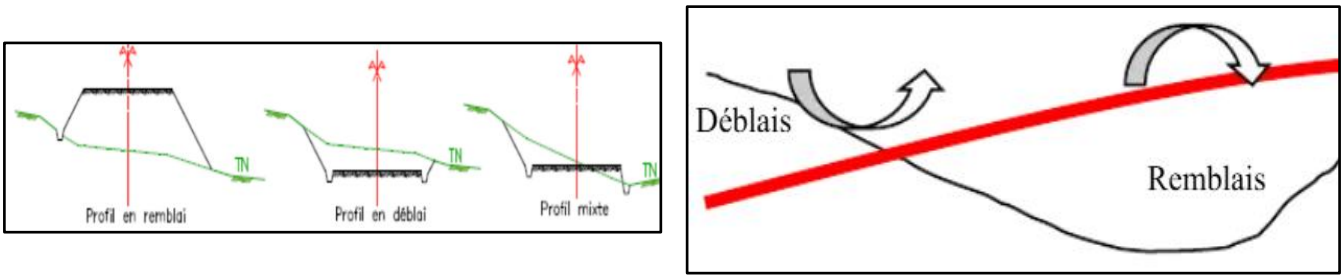


Figure 14:différents types de profil en travers

IV.3.3 Éléments de profil en travers

- **L'emprise :** Il s'agit de la partie réservée entière d'une route et comprend tous les éléments.
- **Plat-forme :** La distance entre les fossés.
- **Chaussée :** La partie où les véhicules circulent et elle contient des voies de 3.5m de largeur.
- **L'assiette :** C'est la surface qui s'étend du pieds talus en remblai au crête talus en déblai.
- **Fossé :** Il s'agit d'une tranchée le long de la route qui reçoit les eaux et les amène aux égouts principaux.
- **Accotement :** Située entre la chaussée et le fossé soit revêtu soit non revêtu.
- **Terre-plein-centrale T.P.C :** Il se compose de bande dérasée gauche et de bande médiane pour séparer physiquement deux sens de circulation.
- **Largeur roulable :** la largeur qui contient les bandes d'arrêt.
- **Bande d'arrêt d'urgence B.A.U:** une bande 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus). Pour facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule.
- **Bande dérasée gauche B.D.G :** Une partie de T.P.C de 1m est placée afin de réduire l'effet des parois et servir de repère pour que les conducteurs restent dans la voie.
- **Berme :** Un espace pour placer les barrières de sécurité et les panneaux de signalisation.

IV.3.4 Pentes transversales et les devers

Selon ICTAAL les pentes transversales de différents éléments de profil en travers sont comme suite :

IV.3.4.1 Alignements et les courbes non déversée (cas où les courbes de rayon R>Rnd :

- La chaussée, B.D.G et T.P.C :2.5% vers l'extérieur pour drainer les eaux de surface vers les côtés.
- B. A. U : la même que la chaussée. Mais possible d'augmenter au 4% vers l'extérieur pour évacuer les eaux vers les fossés.

- La berme : 8%~25% vers l'extérieur pour un écoulement rapide.

IV.3.4.2 En courbes déversée (cas où les courbes de rayon R<Rnd) :

- La chaussée : vers l'intérieur entre 2.5% et 7%.
- B.D.G et T.P.C : la même que la chaussée.
- B. A. U : la même que la chaussée si le dévers ne dépasse pas 4%.
  Si le dévers supérieur à 4%, la pente de B.A.U s'inversé (1.5% vers l'extérieur).
- La berme : 8%~25% vers l'extérieur pour un écoulement rapide.

IV.3.5 Changement de dévers

IV.3.5.1 Point de rotation de dévers

Sur l'axe de plateforme si le terre-plein central est revêtu. Sinon sur la bord gauche de la chaussée.

IV.3.5.2 Evacuation des eaux de ruissellement

- **En courbe déverseé** : on utilise le T.P.C pour évacuer les eaux de surface.

L'élément	Les alignements et les courbes non déversée	Les courbes déversée
La chaussée	2.5% vers l'extérieur	Entre 2.5% pour Rnd et 7% pour Rm
B.D.G et T.P.C	2.5%vers l'extérieur	La même que la chaussée.
B.A.U	4% vers l'extérieur	Dévers<4% =>la même que la chaussée. Dévers>4% =>il est de sens opposé
Le berme	8%	8%

- **Zone de Basculement du Dévers :** assurer une pente longitudinale de 0.5% sur toutes les secteurs du devers nul pour éviter la stagnation d'eau.

IV.3.6 Profil en travers de notre section

D'après la norme ICTAAL les dimensions des éléments constituant le profil en travers proposé pour la pénétrante sont :

Tableau 12: dimensions des éléments de profil en travers

L'élément	Les dimensions
Chaussée 2*3	6*3.5=21m
B.A.U	2*3=6m
T.P.C	3m
Berme	2*1.5=3m
Totale	33m

Tableau 13 : les dévers

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSÉE

V.1 INTRODUCTION

L'excellence d'un projet routier est celui qui possède toutes les caractéristiques adaptées, soit les caractéristiques géométriques (tracé en plan, profil en long et profil en travers), soit les caractéristiques mécaniques (les dimensionnements de corps de chaussée).

Le dimensionnement du corps de chaussée d'une route doit respecter les conditions économiques, de durabilité et de capacité à supporter toutes les surcharges dues à l'exploitation des véhicules poids lourds et aux effets naturels tels que la température, le gel-dégel et la pluie.

V.2 OBJECTIF

Le dimensionnement de corps de chaussée est une presseuse pour déterminer les matériaux et l'épaisseurs de chaque couche qui composent la chaussée.

V.3 CHAUSSÉE

C'est la partie aménagée dans la route pour assurer une conduite plus sécurisée et confortable aux usagers. Et elle doit distribuer les contraintes mécaniques du trafic de manière à limiter les déformations du sol support.

V.3.1 Les type de chaussée

- **Chaussée souple :** c'est une structure routier légère et elle supporté des surcharges au trafics légères.
- **Chaussée semi rigide :** c'est une chaussée mixte le cas où prendre les déformations de chaussée souple et la rigidité de chaussée rigide.
- **Chaussée rigide :** dans lequel la couche de roulement est constituée de béton ciment portland et repose sur une fondation stable comme sol compacté ou gravier concassé.

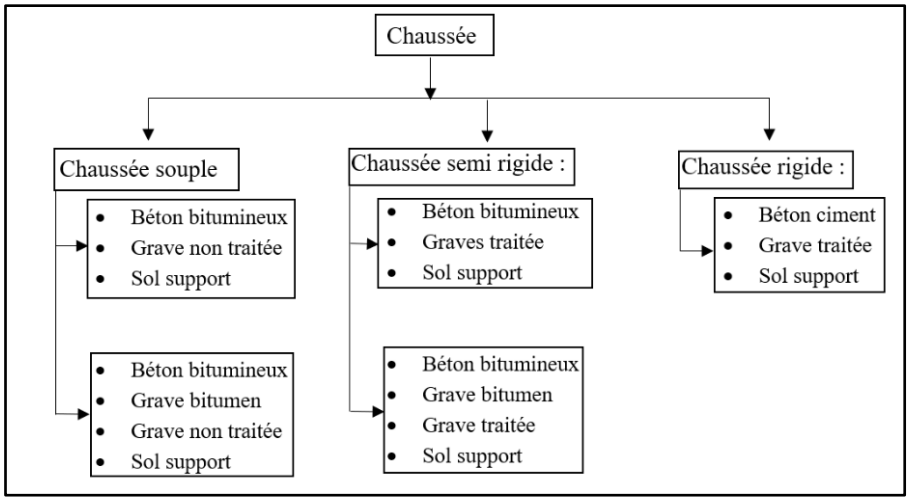


Figure 15 : Différents type de chaussée et leurs structures

V.3.2 Structure de la chaussée

V.3.2.1 Couche de surface

C'est la partie supérieure de la chaussée -le revêtement- qui est directement soumise les charges du trafic et les effets extérieurs et résisté aux l'efforts de cisaillement (freinage).

Elle décompose en deux :

- **Couche de roulement :** une épaisseur de 6-8cm en matériaux hydrocarbonés.
- **Couche de liaison :** pour assurer une bonne interaction entre les couches.

V.3.2.2 Couches d'assise

Assurer la stabilité de chaussée et recevoir les contraintes et distribue vers le sol support.

- **Couche de base :** constituée d'un matériau grave traité.
- **Couche de fondation :** constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et de coût.

V.3.2.3 La couche de forme

C'est la couche qui se trouve au-dessus de PST pour adapter les propriétés de sol support et répondre aux contraintes de la structure.

V.4 LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

En Algérie, on peut s'appuyer sur deux méthodes pour déterminer les dimensions de la chaussée, et on utilise alors la méthode la plus réaliste et la plus économique.

- Méthode du catalogue algérien de dimensionnement (CTTP).
- La méthode de C.B.R (California Bearing Ratio).

V.4.1 La méthode de C.B.R (California bearing ratio)

On réalisera un essai de poinçonnement pour déterminer la portance d'un échantillent de sol support compacté (90% à 100%) selon les critères de l'optimum Proctor modifié avec une faible présence d'eau (15cm hauteur maximum).

- Calculer l'épaisseur totale de corps de chaussée :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} * (75 + 50log\frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

Avec :

e : épaisseur totale de corps de chaussée.

P : charge par roue p=6.5t.

ICBR : indice CBR de sol support.

N : le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide.

- Calculer l'épaisseur équivalent de corps de chaussée :

$$e_{eq} = \sum c_i e_i$$

$$e_{eq} = c_1 e_1 + c_2 e_2 + c_3 e_3$$

Avec :

e_i: Épaisseur réelle des couches.

c_i: Coefficients d'équivalence de capacité portante des matériaux par rapport au Grave concassée.

Les coefficients d'équivalence de chaque matériau sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Les coefficients d'équivalence

Matériaux utilise	Coefficients equivalences
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitumen (GB)	1.5-1.7
Grave ciment (GC)	1.5
Sable ciment (SC)	1-1.2
Grave concassée ou Gravier (Gk)	1
Grave roulée-Grave sableuse TVO	0.75
Sable	0.5
Tuf	0.6

V.4.2 Application de la méthode C.B.R

$TJMA_{2027}$= 26500v/j/sens

$TJMA_{2047}= 26500(1+0.03)^{20}$

$TJMA_{2047}$= 47861v/j/sens

Pourcentage de poids lourd Z=20%

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

$N=TPL_{2047vpc}$=7657 PL/j/sens/vpc

ICBR =2.73

p=6.5t

- L'épaisseur totale de corps de chaussée :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} * (75 + 50log\frac{7657}{10})}{2.73 + 5}$$

$$e = 86cm$$

- L'épaisseur équivalent de corps de chaussée : on fixe e_1 et e_2 et calculer e_3
  C_1=2, e_1=8cm : couche de roulement (BB).
  C_2=1.5, e_2=20cm : couche de base (GB).
  C_3=1, e_3=x : couche de fondation (TVO).

$$e_{eq} = 8 * 2 + 20 * 1.5 + x * 1$$

$$86 = 8 * 2 + 20 * 1.5 + x * 1$$

Donc : e_3=x=40cm de Grave concassée ou Gravier (Gk)

Alors les épaisseurs de la chaussée sont :



Figure 16: La structure du corps de chaussée

V.4.3 Méthode du catalogue algérien

Cette méthode fait partie d'un ensemble de plusieurs méthodes et repose sur un guide élaboré par le CTTP, visant à obtenir une structure optimale pour notre chaussée capable de supporter les charges du trafic, en particulier celles des poids lourds. On peut aussi déterminer la classe de la portance de notre sol.

V.4.3.1 Application de la méthode

La méthode est basée sur le manuel de CTTP

- **Le réseau principal noté RP**

  TJMA2027= $\frac{TJMA_{2047}/sens}{(1+0.04)^{20}}$

  TJMA2027= $\frac{52503}{(1+0.04)^{20}}$

  TJMA2027=21843 v/j/sens >1500 v/j

Tableau 15: Type du réseau principal

	TJMA (v/j)
RP_1(essentiellement RN)	>1500
RP_2 (composé de RN et CW)	<1500

On note **RP_1**

- **Poids lourd**

  TJMA2027=21843 v/j/sens

  TPL2027= TJMA2027*Z

  TPL_{2027}=4368PL/j/sens

- **Répartition transversale du trafic**

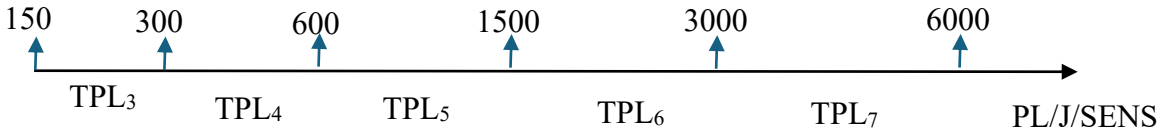
  - chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite (la voie plus chargé).

  $TPL_{2027vpc}$= 4368*0.8

$TPL_{2027vpc}$ =3494PL/vpc/j

- **La classe de trafic**

Classes TPL pour RP1 :



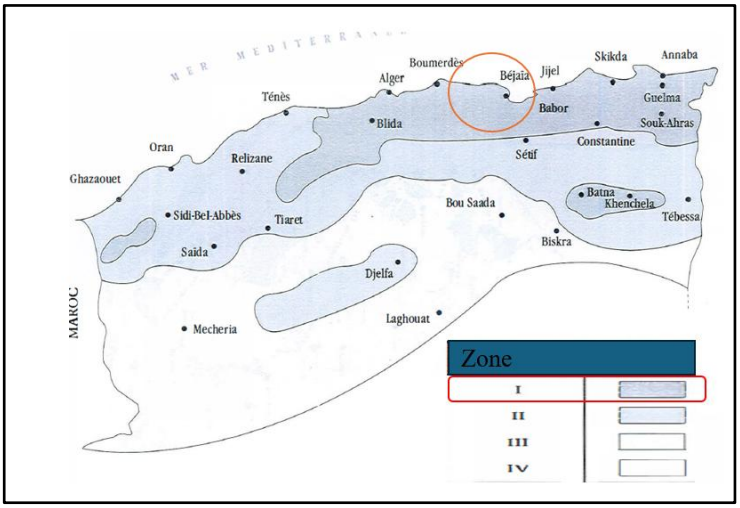
Donc la classe est : TPL_7

- **La zone d'étude**

Le site de projet est dans la wilaya de Bejaïa donc la zone I

- **Données climatiques**

- **Etat hydriques du sol-support :**



igure 17 : Site du projet selon la carte de l'Algérie

Tableau 16:climat de la zone

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	> 600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100 - 350	semi - aride	Hauts-plateaux
IV	< 100	aride	Sud

La Pluviométrie : entre > 600 mm\an climat très humide.

La température équivalent : le calcul de dimensionnement est basé sur une valeur de température constante équivalent, cette valeur définie ce que le dommage subi par la chaussée sur une année est identique.

Tableau 17: Choix des températures équivalentes

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

Donc : la température constante équivalent est 20°c

- **Durée de vie :** la période de service de la chaussée et déterminer par la catégorie de réseau principal et les types des matériaux.

Tableau 18: la durée de vie de la chaussée

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF,GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

Pour es chaussée souple la durée de vie est 20ans.

- **Risque de calcul :** le risque qui associé à la chaussée pour une période x, r% déterminer en fonction de TPL7 et Rp1.

Tableau 19: Risques pour le réseau RP1 (fascicule 2)

	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
R%	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2

r%= 2%

- **Trafic cumulé équivalent (TCEi)**

C'est la cumule des essieux 13tonne de trafics poids lourd sur la durée de vie de la chaussée.

$$TEC_i = TPL_{2027vpc} * 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} * A$$

Avec

i : taux d'accroissement 3%.

n : durée de vie 20ans.

A=0.6 : coefficient d'agressivité de pl

$TPL_{2027vpc}$ =3833PL/j/vpc

Donc : TEC_{2010}= 22.55*10^6essieux équivalent de 13t.

Tableau 20: Valeurs du coefficient d'agressivité 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

- **La portance du sol support**

Le classement de sol se fait par l'indice de CBR ou module E :

Tableau 21:les classes de sol- support en fonction ICBR

Classe de sol	S4	S3	S2	S1	S0
ICBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Tableau 22:les classes de sol- support en fonction module E(MPa)

Classe de sol	S4	S3	S2	S1	S0
E(MPa)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

Les résultats de l'essai CBR sur les échantillons prélevés des puits des reconnaissance selon les PK :

Ont été calculées les valeurs des modules à partir de la relation empirique suivante E=5*CBR

Nous prenons la valeur de ICBR dans le pire cas qui est 2.73%.

Tableau 23:Classe du sol support

PK	ICBR	E(MPA)	Classe de portance
0+300	9.17	45.85	S3
3+100	5.82	29.1	S3
7+100	6.12	30.6	S3
11+000	2.73	13.65	S4
14+600	29.59	147.95	S1
16+260	11.66	58.3	S2
18+735	3.14	15.7	S4

Donc : la classe de sol support est **S4**

- La classe de sol support est très faible pour réaliser une chaussée qui résiste dans un réseau RP1. Donc il nécessaire prévoir une couche de forme de manière à améliorer le module du support de chaussée.

- **L'amélioration de sol se fait selon le tableau suivant :**

Tableau 24: surclasse du sol support

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

D'après le fascicule 1 on a besoin une classe de S2 selon le manuel de CTTP on ajoute une couche de forme (CDF) de 60cm compacté en deux couches de 30cm.

- **Principes de choix du matériau du CDF :** pour répondre aux exigences techniques comme :
  - Trafic élevé donc le matériau doivent avoir d'une portance élevée.
  - La région montagneuse le matériau doivent être insensible à l'eau.

  Selon CCTP une couche de forme sera faite en GNT sur la PST de l'autoroute avec une capacité portante à atteindre : E=80 MPa.

V.4.3.2 Dimensionnement de la chaussée

- **Les paramètres de calcul :**

Zone climatique : I
Durée de vie : 20 ans
Température équivalent : 20°C
CBR = 2.73 %
Module E=13.65 MPa
Portance de sol-support : S2
Risque de calcul : 2%
Coefficient d'agressivité : A = 0.6
Trafic TPL7

- **Choix de la structure**

S'appuyer sur le fascicule 2 :

Tableau 25 : les structures de chaussée pour RP1

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/TUE1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

Pour zone I et RP1 les structures possibles sont :

Pour matériaux traités au bitume GB/GB ou GB/GNT
Pour matériaux traités liants hydrauliques GL/GL ou BGc/GC

- **Les épaisseurs de structure**

Selon le fascicule 3 on choisir chaussée en fonction de S2 et TPL7 :

Tableau 26:Fiche structure grave bitume/grave bitume pour RP1



Pour TPL6 et S2 la structure choisie est :

Couche de roulement : BB =8 cm.

Couche de base : GB = 14 cm.

Couche de fondation : GB= 15 cm.

Couche de forme de 60 cm (en 2 couches).

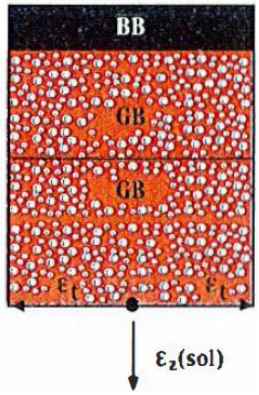
- **Conditions aux interfaces**
  Les différentes hypothèses adoptées sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27: les conditions de collage

Structures types	Hypothèses sur le type d'interface
MTB : 1- BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées
3- SB/SG/sol support	Toutes les interfaces sont collées
MTLH : 1- BB/GL/GL/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BCg/GC/soi support	interface BCg/GC décollée interface GC/sol collée
MNT : 1- GNT/GNT/sol support 2- TUF/TUF/sol support 3- SG/SG/sol support 4- AG/AG/sol support	Toutes les interfaces sont collées

- **Calcul les déformations admissibles**

Déterminer à partir d'un modèle multicouches élastique les contraintes et déformations à différents niveaux de la structure. La charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes.



εt : La déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume.
εz(sol) : La déformation vertical sur le sol support**.**

- **Calcul $\varepsilon_{z.ad}$:**

  $\varepsilon_{z.ad} = 22*10^{-3}*(TECi)^{-0.235}$

- **Calcul $\varepsilon_{t.ad}$:**

  $\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_{6(10°C,25Hz)}$ *kne*k$\boldsymbol{\theta}$*kr*kc

  Avec :

  - $\varepsilon_{6(10°C,25Hz)}$: déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à l0° C et 25Hz (essai de fatigue).
  - kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée Kne=$(10^6/TCEi)^b$
  - k$\boldsymbol{\theta}$: facteur lié à la température kΘ=$\sqrt{E(10C°)/E(\theta\ eq)}$
    - E(10°C) : Module complexe de matériau bitumineux à 10°C ;
    -E(θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalent.
  - kr : facteur lié au risque et aux dispersions kr=$10^{-tb\delta}$

    δ : f (dispersion), $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b}sh)^2}$

    Avec :
    SN : dispersion sur la loi de fatigue
    Sb : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
    c : coefficient égal à 0,02
    t : fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).
  - kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

V.4.3.3 Application numérique

- **Performances mécaniques de matériaux :**

Tableau 28:Performance mécaniques des matériaux bitumineux

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

E(10°C) =12500MPa

E(θeq) =7000MPa

$\varepsilon_{6(10°C,25Hz)}$ =100*10^{-6}

$SN = 0.45$

Sh=3

b=-0.146

c=0.02

t (5%) = -2.054

TEC_{2010}= 10.475*10^6 essieux équivalent de 13t.

Donc :

$\varepsilon_{z.ad}$ =22*10^{-3}*(22.55*10^6)$^{-0.235}$

$\varepsilon_{z.ad}$ =411.56 µdef

$\varepsilon_{t,ad}$=100*10^{-6}*0.634*1.336*0.656*1.3

$\varepsilon_{t,ad}$=72.26 µdef

- **Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC**

ALIZE-LCPC est un logiciel utilise pour les calculs de dimensionnement de corps de chaussée et faire les vérifications.

Figure 18:Résultats de la vérification par Alizé LCPC

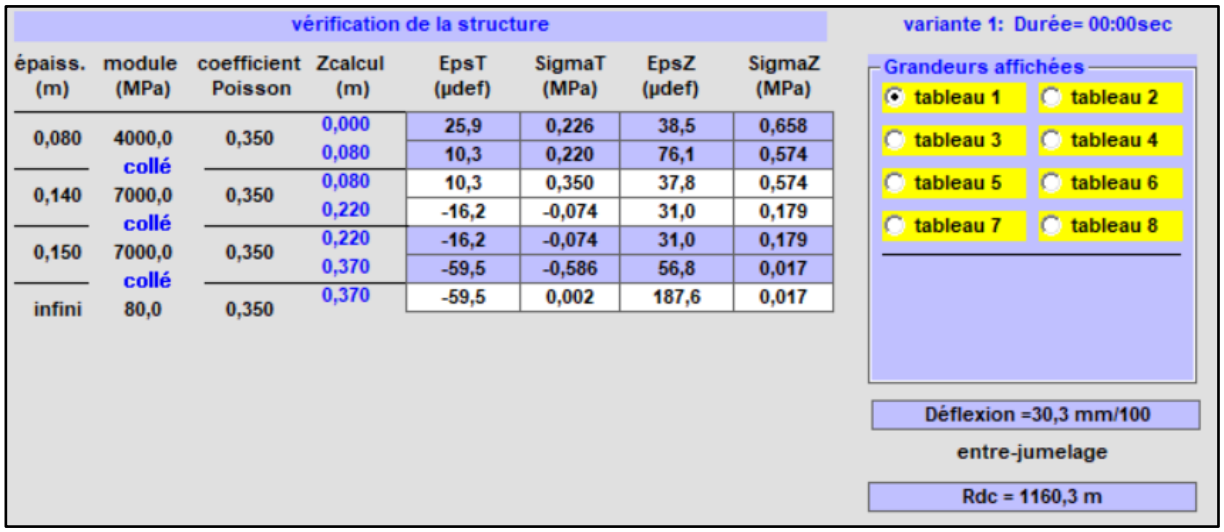


Tableau 29:Tableau de vérification par alize

	Déformations calculée	Déformations admissible
ε_z	187.6µdef	411.56µdef
ε_t	59.5 µdef	72.26 µdef

Après les calculs par logiciel $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ et $\varepsilon_t < \varepsilon_{t,ad}$, nous constatons que la structure proposée de la chaussée est vérifiée et répond aux critères de dimensionnement.

V.5 CONCLUSION

Nous choisissons la méthode qui donne une structure :

- des épaisseurs acceptables.
- Prend en compte la fatigue, les déformations admissibles des matériaux utiliser.

Alors nous prenons la structure de la méthode de catalogue CTTP

CHAPITRE VI : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

VI.1 INTRODUCTION

Une étude géotechnique est une analyse des sols et des nappes dans le cadre d'un projet de construction ou de développement, destinée à évaluer la compatibilité du projet avec le site prévu, les propriétés des terrains constructibles et l'appréciation des dangers environnementaux associés.

VI.1.1 Objectif de l'étude géotechnique

Pour tout projet de construction ou d'aménagement, une analyse géotechnique est indispensable pour déterminer la composition du sol analysé.

Ainsi, l'analyse du sol permet d'identifier la nature du sol (la géologie), le niveau piézométrique (ressource en eau, surface des nappes phréatiques), la résistance du sol… dans le but de définir les sortes de fondations possibles.

Elle offre aussi la possibilité de gérer les risques naturels éventuels pouvant affecter le projet en les détectant avant la phase de construction.

VI.2 CAMPAGNE GÉOTECHNIQUE

Dans le cadre de notre projet de pénétrante, une campagne géotechnique a été réalisée pour faire une reconnaissance lithologique sur la totalité du tracé, du PK 0 au PK 11.

L'objectif principal était de caractériser la nature du sol et de déterminer les propriétés mécaniques de chaque couche qu'il le compose pour une conception et une exécution stable de l'infrastructure et des ouvrages d'art.

Les sondages effectués sont répartis comme suit :

- **Du PK 0 au PK 3** : 30 sondages ont été réalisés, répartis-en : 5 sondages pressiométriques (PS), 17 sondages carottés (S) et 8 sondages dynamiques (D).
- **Du PK 3 au PK 6** : 20 sondages, comprenant : 5 sondages SPT, 11 sondages carottés (S) et 4 sondages dynamiques (D).
- **Du PK 6 au PK 11** : 20 sondages ont été effectués : 10 sondages carottés (S) et 10 sondages pressiométriques (PS).

La profondeur des sondages varie de 15 m à 60 m.

Les résultats de ces investigations ont mis en évidence une variabilité considérable des formations géologiques le long du tracé. On note habituellement la présence des formations suivantes le long du tracé : Sables (S), Argiles peu plastiques (Ap), Graves (G), Argiles sableuses (AS).

VI.2.1 Les essais in situ

1. **Les sondages pressiométriques (PS) :** Il consiste à descendre dans un trou de forage calibré une sonde gonflable, jusqu'à une profondeur donnée. En appliquant à cette sonde des pressions successives, on mesure les variations de volume V du sol en contact avec la sonde, pour chaque accroissement de pression P.

2. **Les sondages carottés (S) :** une technique d'investigation géotechnique utilisée pour prélever des échantillons de sol ou de roche en forme de cylindres (carottes). Ces carottes sont ensuite analysées en laboratoire pour étudier les propriétés du sol.

3. **Standard penetration test (SPT) :** déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé de 813 mm de long et de 37 mm de diamètre battu en fond d'un forage préalable, à l'aide d'un mouton de 63,5 kg tombant d'une hauteur de chute de 0,76 m.

On a choisi les sondages après une analyse de la lithologie du sol, qui permet de sélectionner ceux contenant les couches qui jouent un rôle sur la consolidation, ainsi que les données de calcul sont aussi parties de la sélection.

Tableau 30 : les sondages choisis

Sondage	PK	Type	Profondeur (m)
PMT 1-1	1+670	**PS**	47
PMT 2-1	2+330		47
PMT 2-2	2+750		50
PMT 11-1	11+100		23
PMT 11-3	11+320		23
BSC 1-0	1+600	**S**	65
BSC 2-3	2+500		65
BSC 2-9	2+950		64
RSC 7-4	7+900		35.50
RSC 8-2	8+800		20.50
S 3-02	3+300	**SPT**	60.45
S 3-06	3+900		48.45
S 5-01	5+500		48.45
S 6-01	6+291		60.45

VI.2.1.1 Coupes lithologiques

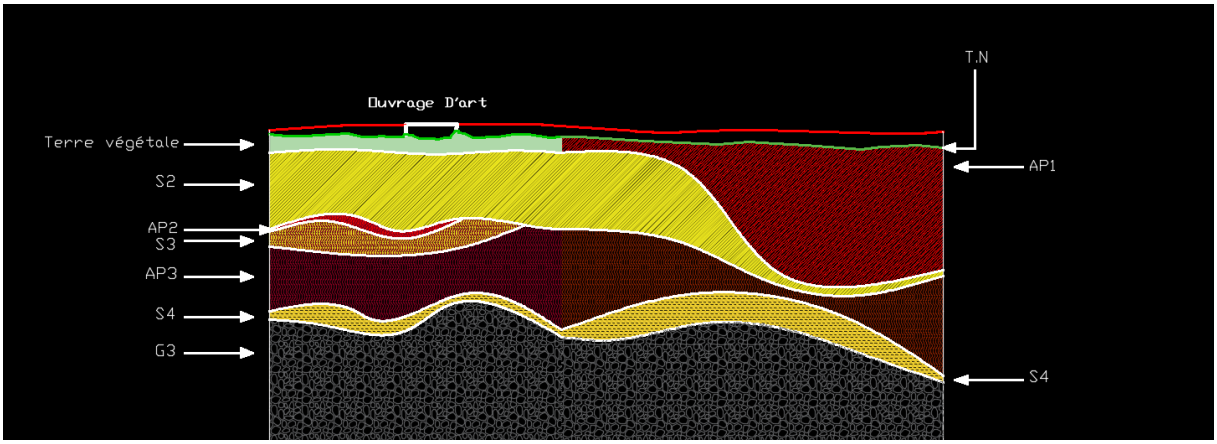


Figure 19 : PK0 au PK3

La coupe montre que le tracé du projet se développe principalement en remblai sur l'ensemble des 3 km, avec la présence d'un ouvrage d'art.

Structure géologique observée :

- La hauteur max du remblai c'est 5m.
- Terrain très hétérogène.
- Trois types d'argiles : AP1 – AP2 – AP3 et trois types de sable : S2 – S3 – S4.
- Présence des couches fines d'argile AP2 et du sable S3, mais on ne va pas les considérer dans le calcul du tassement.
- Une couche superficielle de terre végétale d'environ 1 m d'épaisseur recouvre une longueur de 3 km. Cette couche devra être décapée avant toute mise en œuvre de remblais.
- Une épaisse couche de sable (S2) d'environ 22 m, ce sable est favorable et offre une portance modérée selon sa compacité.
- En dessous, une couche d'argile peu plastique (AP3) d'environ 18 m d'épaisseur**.** Cette argile pourrait présenter des comportements de gonflement et nécessiter une vérification de sa stabilité en cas de saturation.
- À grande profondeur, on observe la présence de la grave**,** offrant un bon support porteur pour les pieux des ouvrages d'art.

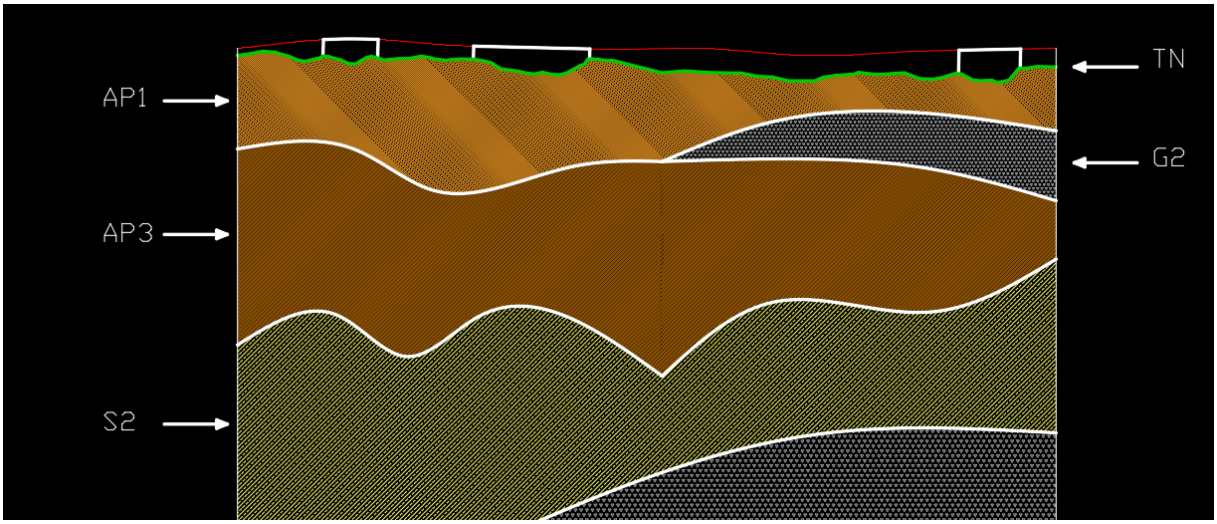


Figure 20 : PK3 au PK6

Dans cette coupe de 3 km, on trouve que notre tracé se passe aussi en remblai avec 3 ouvrages d'art pour traverser l'oued.

La structure des couches montre que :

- La hauteur max du remblai c'est 5.5m.
- Le terrain en place est globalement hétérogène et de nature argileuse.
- Deux types d'argiles ont été identifiés : AP1, couche superficielle, souvent discontinue, localisée dans la partie supérieure du profil, et AP3, une argile plus massive représentant la couche dominante dans la zone.
- Une épaisse couche de sable (S2) est présente en profondeur, avec une épaisseur estimée à environ 30 m.
- La grave (G2) apparaît à des profondeurs importantes, mais on observe également une couche de grave secondaire plus proche de la surface, probablement d'origine alluviale, pouvant jouer un rôle localement favorable au drainage ou à la stabilité.

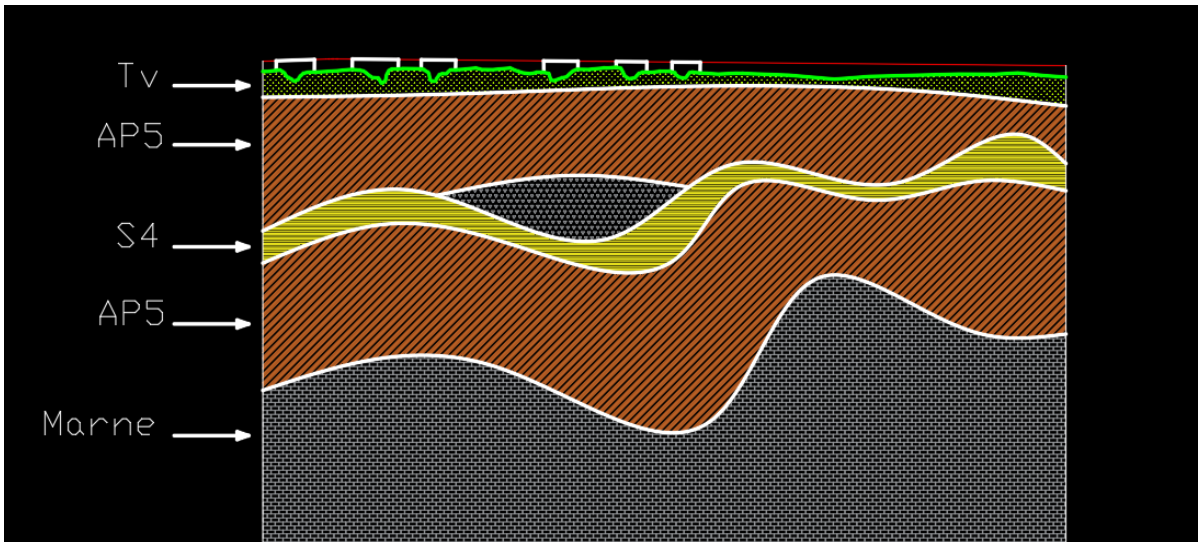


Figure 21 : PK6 au PK11

Dans les derniers 5 km, le tracé continue toujours en remblai, avec la présence de plusieurs ouvrages d'art.

On observe :

- La hauteur max du remblai c'est 9m.
- Terrain hétérogène.
- Couche superficielle mince de terre végétale de 1m a décapé systématiquement.
- Formation argileuse présente à deux niveaux : une couche supérieure et une couche inférieure, séparées localement par une couche sableuse.
- Une couche de sable apparaît au sein de l'argile, elle peut jouer un rôle de drainage.
- Formation profond et massive de la marne, elle peut constituer une bonne base pour les pieux des ouvrages d'art.
- Une couche du grave entre le sable et l'argile.

VI.2.2 Résultats des essais

VI.2.2.1 Lithologie

Les sondages effectués à travers le terrain ont mis en évidence un sol très hétérogène le long du tracé, mais d'une façon générale, les couches superficielles sont les sables (S), les argiles peu plastiques (Ap), les graves (G).

Chaque couche présente des caractéristiques mécaniques qui varient, notamment selon sa teneur en eau et son niveau de consolidation, et certaines couches apparaissent meubles et saturées, tandis que d'autres sont fermes à denses.

Tableau 31 : Formations lithologiques du sol

Type du sol	Code	Épaisseur (m)	Statut
Argile peu plastique	Ap	0.6-24.00	Humide et meuble
		1.0-17.20	Très molle à très dure
		06-21	Molle
		1.6-16.6	Ferme
Sable	S	0.7-27.10	Saturé et meuble
		1.0-10.80	Saturé, faible consolidation
		0.90-12.10	Moyennement dense et saturé
		0-17	Lâche moyennement dense
Grave	G	2.3-2.60	Saturé, consolidation moyenne
		1.4-4.30	Meuble et saturé
		1.60-23.60	Moyennement dense, saturée
		>2m	Dense
Marne	Ma	-	Fortement altérée
			Dure

VI.2.2.2 Sondages Pressiométriques

Tableau 32 : Résultats des essais pressiométriques

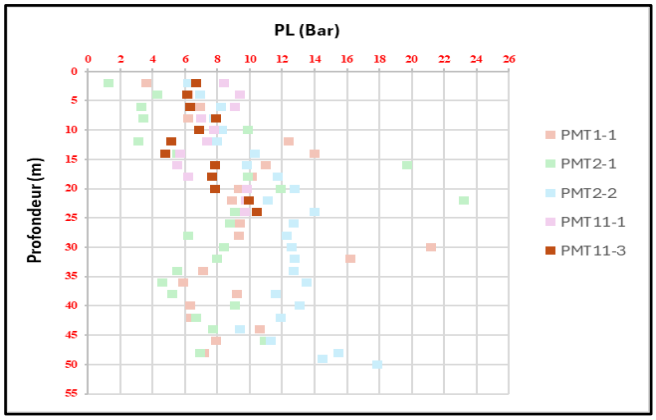
Prof (m)	PMT1-1			PMT2-1			PMT2-2			PMT11-1			PMT11-3		
	PL (Bar)	Graphe	E (Bar)	PL (Bar)	Graphe	E (Bar)	PL (Bar)	Graphe	E (Bar)	PL (Bar)	Graphe	E (Bar)	PL (Bar)	Graphe	E (Bar)
2	3.6		35	1.3		4	6.2		107.2	8.43		116	6.68		66.72
4	6.2		28	4.3		26	6.9		135.1	9.39		74.16	6.1		54.72
6	6.9		33	3.3		25	8.2		129.5	9.08		87.04	6.3		67.04
8	6.2		27	3.4		15	7.8		93.3	7.01		39.85	7.94		63.61
10	7.9		44	9.9		42	8.3		116.4	7.77		142.8	6.89		37.12
12	12.4		76	3.1		27	8		138.4	7.35		45.71	5.13		58.39
14	14		59	5.5		26	10.3		136.8	5.71		39.13	4.8		119.39
16	11		74	19.7		140	9.8		100.9	5.51		34.43	7.84		76.08
18	10.1		77	9.9		74	11.7		140.0	6.17		27.59	7.67		83.77
20	9.3		66	11.9		68	12.8		110.3	9.84		186.1	7.86		99.66
22	8.9		57	23.2		150	11.1		163.2	9.78		124.5	9.93		136.89
24	9.4		57	9.1		32	14		191.1	9.67		90.83	10.44		132.43
26	9.4		51	8.8		45	12.7		183.8	-	-	-	-	-	-
28	9.3		29	6.2		13	12.3		118.4	-	-	-	-	-	-
30	21.2		74	8.4		25	12.6		109.3	-	-	-	-	-	-
32	16.2		82	8		29	12.8		144.4	-	-	-	-	-	-
34	7.1		34	5.5		20	12.7		136.7	-	-	-	-	-	-
36	5.9		25	4.6		18	13.5		171.8	-	-	-	-	-	-
38	9.2		27	5.2		21	11.6		144.4	-	-	-	-	-	-
40	6.3		39	9.1		31	13.1		100.3	-	-	-	-	-	-
42	6.4		45	6.7		30	11.9		155.8	-	-	-	-	-	-
44	10.6		32	7.7		25	9.4		108.1	-	-	-	-	-	-
46	7.9		27	10.9		34	11.3		153.2	-	-	-	-	-	-
48	7.2		27	6.9		25	15.5		139.1	-	-	-	-	-	-
49	-	-	-	-	-	-	14.5		162.0	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	17.9		172.5	-	-	-	-	-	-

5 sondages pressiométriques sont sélectionnés, contiennent les couches susceptibles de causer des problèmes de tassement.

Les profondeurs de ces sondages varient de 24 m jusqu'à 50 m.

Les valeurs de la pression limite sont faibles parce que le sol se compose de grandes couches d'argiles jusqu'à de grandes profondeurs.

Les piques dans le sondage **PMT 2-1** dans les profondeurs 16m et 22m se représente une présence des couches denses ou bien rigides (des sables).



igure 22 : la variation des pressions limites en fonction de la profondeur

On observe une augmentation de la pression limite (PL) avec la profondeur, ce qui signifie que les sols deviennent généralement plus denses et plus rigides en profondeur.

Dans la même profondeur, les valeurs de PL varient d'un sondage à l'autre (à 10 mètres de profondeur, les valeurs de PL vont d'environ 4 Bars au 14 Bars), cela met en évidence la nature non homogène du sol étudié.

La valeur moyenne du Pl est variée de 6 jusqu'a 14 bar.

VI.2.2.3 SPT

4/5 sondages sont sélectionnés paracerque on n'a pas des résultats du 3ème sondage.

Les résultats sur les sondages montrent une grande variabilité des résistances du sol.

Des valeurs faibles (N ≤ 10) ont été observées traduisant la présence des argiles molles ou bien sable lâche.

Plusieurs refus confirmer dans le sondage S6-01 ont été enregistrés témoignant la présence de sols très compacts ou des couches dures.

Tableau 33 : résultats du l'essai SPT

P(m)	S3-02			S6-01			P(m)	S3-06			S5-01		
	N1	N2	∑	N1	N2	∑		N1	N2	∑	N1	N2	∑
15.00–15.45	3	5	8	15	30	45	3.00-3.45	10	20	30	Refus	Refus	Refus
18.00–18.45	2	4	6	5	6	11	6.00-6.45	4	7	11	5	8	13
21.00–21.45	3	5	8	5	5	10	9.00-9.45	4	6	10	8	10	18
24.00–24.45	2	4	6	6	6	12	12.00-12.45	6	6	12	5	15	20
27.00–27.45	4	4	8	5	5	10	15.00-15.45	5	6	11	2	4	6
30.00–30.45	3	5	8	3	4	7	18.00-18.45	4	5	9	3	16	19
33.00–33.45	2	4	6	5	7	12	21.00-21.45	5	6	11	2	2	4
36.00–36.45	3	6	9	7	9	16	24.00-24.45	3	5	8	3	3	6
39.00–39.45	2	5	7	5	6	11	27.00-27.45	5	7	12	3	4	7
42.00–42.45	4	5	9	4	4	8	30.00-30.45	3	5	8	4	5	9
45.00–45.45	10	15	25	5	6	11	33.00-33.45	2	4	6	3	3	6
48.00–48.45	13	18	31	10	25	35	36.00-36.45	5	8	13	1	2	3
51.00–51.45	3	4	7	Refus	Refus	Refus	39.00-39.45	6	7	13	5	7	12
54.00–54.45	2	6	8	Refus	Refus	Refus	42.00-42.45	7	8	15	4	6	10
57.00–57.45	3	3	6	Refus	Refus	Refus	45.00-45.45	4	5	9	2	2	4
60.00–60.45	2	4	6	Refus	Refus	Refus	48.00-48.45	3	6	9	1	2	3

VI.2.3 Essais au laboratoire

Tableau 34 : Propriétés géotechniques des sols

Caractéristiques	Le résultat	Remarque
La densité γd	γd ≤ 16 16 < γd ≤ 18 γd > 18	Peu dense Dense Très dense
La plasticité Ip Ip = Wl – Wp	Ip ≤ 12 12 < Ip ≤ 25 25 < Ip ≤ 40 Ip > 40	Non plastique Peu plastique Plastique Très plastique
L'activité Ac Ac = Ip / Teneur en argile < 2µm (%)	Ac < 0,75 Ac = 0,75 ~ 1,25 Ac > 1,25	Argile inactive Argile normale Argile active
La consistance Ic **Ic = (Wl – Wn) / Ip**	<0,0~0,0 0,0~0,25 0,25~0,50 0,50~0,75 0,75~1,0 1,0~>1,0	Liquide Très molle Molle Ferme Très ferme Dure

Tableau 35 : Classement des sols selon différents critères

Type de sol	Consistance	Pl (MPa)	Qc (MPa)	N1,60	Cu (kPa)	Nom géotechnique
Argiles et limons	Très mous à mous	< 0,4	< 1,0	—	< 75	Argile ou limon
	Fermes	0,4 – 1,2	1,0 – 2,5	—	75 – 150	Argile/limon marneux
	Raides	1,2 – 2,0	2,5 – 4,0	—	150 – 300	Marne
	Très raides	≥ 2,0	≥ 4,0	—	≥ 300	Calcaire marneux
Sables et graves	Moyennement denses	0,5 – 1,0	4,0 – 10	8 – 25	—	—
	Denses	1,0 – 2,0	10 – 20	25 – 42	—	—
	Très denses	> 2,0	> 20	42 – 58	—	—
Marne et calcaire marneux	Tendres	< 1,0	< 5,0	—	—	Marne / Calcaire marneux
	Raides	1,0 – 4,0	5,0 – 15	—	—	—
	Très raides	> 4,0	> 15	—	—	—
Rocher	Altéré	2,5 – 4,0	—	—	—	—
	Fragmenté	> 4,0	—	—	—	—

VI.2.3.1.1 Identification physique

Tableau 36 : Résultats des essais d'identification

Couche	Paramètre	< 2um	< 80 µm	ω	WP	WL	Ip	γ	γd
	Unité	%	%	%	%	%	%	t/m³	t/m³
Ap3	N	21	21	20	21	21	21	20	20
	Max	26.40	90.30	40.70	27.20	50.80	26.40	1.98	1.68
	Min	8.60	42.80	13.40	15.20	23.80	8.60	1.66	1.23
	Moyenne	17.85	83.56	33.58	22.05	39.90	17.85	1.82	1.37
Ap1	N	79	79	73	74	74	74	70	70
	Max	21.50	97.30	39.90	33.50	47.00	23.90	2.04	1.72
	Min	0.099	5.50	16.20	15.10	26.90	11.10	1.65	1.19
	Moyenne	12.30	83.68	28.83	23.38	39.67	16.29	1.86	1.44
Ap4	N	18	18	18	18	18	18	17	17
	Max	17.33	94.70	39.40	27.90	46.80	19.60	1.93	1.54
	Min	6.90	80.40	23.30	18.00	31.30	12.80	1.70	1.24
	Moyenne	11.19	87.56	31.61	23.21	39.97	16.76	1.82	1.39
Ap2	N	20	20	17	20	20	20	15	9
	Max	100.0	100.0	47.0	28.00	51.20	25.50	1.97	1.57
	Min	99.80	40.0	21.20	14.80	23.40	7.60	1.73	1.18
	Moyenne	99.98	84.82	35.40	21.27	40.23	18.96	1.83	1.34
Ap5	N	19	19	18	19	19	19	19	19
	Max	14.1	91.1	27.9	22.5	41.0	18.5	2.00	1.69
	Min	5.3	57.3	17.0	16.0	28.7	10.9	1.76	1.42
	Moyenne	10.6	78.1	23.1	19.4	34.5	15.2	1.89	1.54

- **Interprétation :**

La couche Ap1 : présente une teneur en argile modérée environ 12 % et l'indice de plasticité est de 16,29 %, ce qui classe cette couche comme un argile peu plastique.

La densité sèche est de 1,44 t/m³, ce qui indique que cette couche est peu dense.

Le calcul de l'activité Ac ≈ 1,32 montre que cette argile est active, ce qui signifie qu'elle peut présenter une sensibilité importante à l'humidité, avec des risques de gonflement ou retrait.

La couche Ap2 : la teneur en argile est très élevée ≈100 %, indiquant une argile pure et l'indice de plasticité est modéré ≈ 18,96 %, ce qui la classe comme peu plastique. Cependant, l'activité est faible ≈ 0,19, ce qui en fait une argile inactive. La densité sèche est relativement faible 1,34 t/m³, suggérant une compacité faible.

La densité sèche est plus élevée 1,54 t/m³, indiquant une compacité moyenne à bonne.

La couche Ap3 : montre une teneur en argile moyenne ≈ 17,85 %, avec un indice de plasticité de 17,85 %, ce qui la classe comme peu plastique et la densité sèche moyenne est de 1,37 t/m³, traduisant une compacité faible à moyenne.

L'activité calculée ≈ 1,00 indique une argile normale.

La couche Ap4 : caractérisée par une faible teneur en argile ≈ 11,2 %, avec un indice de plasticité moyen est de 16,76 %, indiquant également une plasticité modérée.

La densité sèche est intermédiaire ≈ 1,39 t/m³, suggérant une compacité moyenne et l'activité ≈ 1,50 donc une argile active**.**

La couche Ap5 : la teneur en argile est plus faible ≈ 10,6 %, avec un indice de plasticité autour de 15,2 % et l'activité est plus élevée ≈ 1,43, donc il s'agit d'une argile active.

VI.2.3.1.2 Essais mécaniques

Tableau 37 : Résultats des essais mécaniques

Couche	C_U	Φ_U	C_{CD}	Φ_{CD}
	kPa	°	kPa	°
Ap_3	22.53	15.40	27.17	9.71
Ap_1	27.78	15.43	22.38	15.32
Ap_4	22.02	11.85	25.43	14.11
Ap_2	13.46	11.98	32.65	13.73
Ap_2	23.6	12.9	23.4	13.8

VI.2.3.1.3 Essais Œdométrique

Tableau 38 : Résultats de l'essai œdométrique

Couche	pc	Cc	Cg	$Cv\times10^{-3}$
	kPa			(cm^2/s)
Ap_3	120.29	0.290	0.070	3.05
Ap_1	110.08	0.248	0.054	1.84
Ap_4	106.11	0.270	0.063	3.60
Ap_2	110.08	0.248	0.054	1.84
Ap_2	135.6	0.183	0.027	3.14

VI.3 DIMENSIONNEMENT DES REMBLAIS

VI.3.1 Approche

La construction de remblais peut poser des problèmes sur des types de sols variés tels que : les tourbes, les vases, les argiles molles, les limons argileux ou lâches.

Ces sols associent en général une forte déformabilité, une faible perméabilité et une résistance faible. On les appelle habituellement sols compressibles ou sols mous.

La profondeur et l'épaisseur des sols compressibles exercent une grande influence sur la nature et l'ampleur des problèmes posés par la construction des remblais et sur les solutions que l'on peut envisager pour les résoudre.

VI.3.2 Problèmes spécifiques aux remblais sur sols compressibles

La construction de remblais sur les sols compressibles pose quatre types de problèmes particuliers :

1. **Stabilité :** Les sols compressibles sont en général peu résistants. Lorsqu'ils sont rencontrés en surface, il peut se produire des ruptures.

   Les remblais sur sols compressibles connaissent deux formes d'instabilités :

   - **Poinçonnement :** Ce type d'instabilité se produit dans les couches de sol très molles depuis la surface.
   - **Instabilités par rotation :** des instabilités d'une partie du remblai et des sols compressibles sur une surface de rupture de forme cylindrique, avec formation d'un escarpement dans le remblai.

   Toutes les instabilités se produisent à court terme pendant les travaux de construction des remblais.

   Pour évaluer la stabilité d'un remblai sur sols compressibles, il faut déterminer la résistance du sol à court terme (cohésion non drainée).

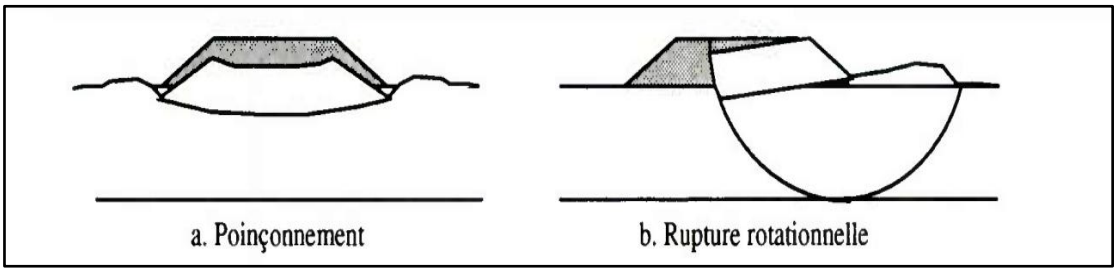


Figure 23 : formes d'instabilités

2. **Déformations :** Les sols compressibles se déforment verticalement (tassement) et horizontalement sous les remblais. Ces déformations ne sont pas instantanées.

   Elles commencent pendant la construction et peuvent durer pendant des mois, voire des années ou des dizaines d'années suivant les propriétés des sols et l'épaisseur des couches.

   - **Tassement :** Le tassement total est en général supérieur de 10 à 20 % à celui déduit des essais œdométriques, à cause du fluage et des mouvements horizontaux. On distingue 3 types de tassement :

     i. **Tassement immédiat :** C'est le tassement qui se produit pendant la mise en place des couches successives du remblai, c'est-à-dire pendant la phase de construction.

     ii. **Tassement de consolidation primaire :** C'est le tassement principal qui se produit après la construction du remblai, lorsque l'excès de pression interstitielle commence à se dissiper.

     iii. **Tassement de compression secondaire (ou fluage) :** C'est le tassement qui continue à se produire après la consolidation primaire, lorsque l'eau interstitielle a été largement expulsée.

   - **Mouvements horizontaux :** L'amplitude maximale des déplacements horizontaux des sols compressibles sous les remblais représente en général 15% de l'amplitude du tassement, ces déplacements conservent la même forme pendant la consolidation, ce qui facilite leur prévision et leur contrôle par des mesures inclinométriques.

VI.4 PROFIL DE CALCUL

VI.4.1 Stabilité au glissement

La méthode est consistée à déterminer le coefficient de sécurité pour connaître la hauteur max de remblai.

Le coefficient de sécurité est défini comme le rapport entre la résistance max au sol (force résistante) et la composante tangentielle de la contrainte (force motrice) $FS=\frac{\tau_{max}}{\tau}$.

Le Coefficient de sécurité conformément à CCTP, trois cas sont à prendre en compte lors du calcul :

1. Stabilité à long terme (en exploitation), sans effet sismique pris en compte : $F_{min}\geq 1.5$
2. Stabilité à long terme (en exploitation), avec effet sismique pris en compte : $F_{min}\geq 1.3$
3. Stabilité à court terme (en chantier), sans effet sismique pris en compte : $F_{min}\geq 1.3$.

Pour le remblai, un sol de classe B4 a été sélectionné (TVO).

Lors des calculs, les couches seront considérées comme un sol homogène.

Ses indices physiques et mécaniques sont les suivants : poids volumique γ=20 KN/m3, cohésion c=5 kPa, et angle de frottement interne φ=30∘.

VI.4.2 Méthode d'étude

Formule simplifiée de Fellenius-Bicho est une approche d'analyse appliquée pour d déterminer l'équilibre des pentes de remblai, elle s'appuie sur l'équilibre des moments et considère que les forces entre les sections sont horizontales.

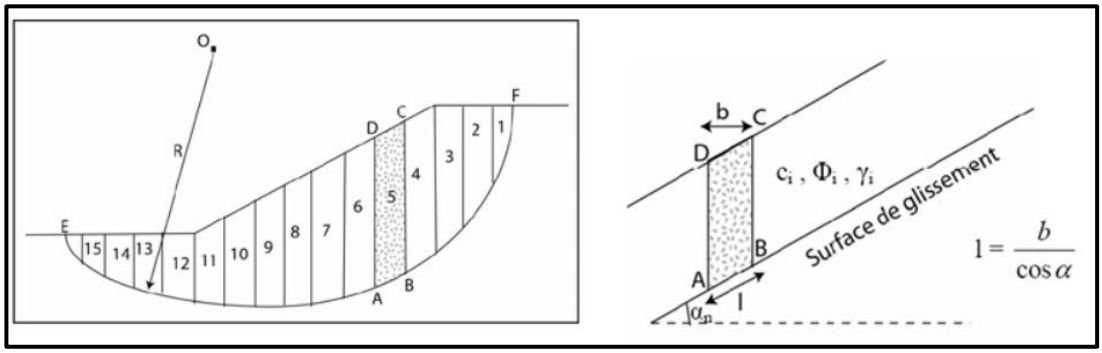


Figure 24 : Méthode de Bishop

VI.4.2.1 Les hypothèses de la Méthode

- Découpé le talus en tranche verticales.
- Prend la surface de glissement circulaire.
- Calcule FS pour chaque tranche.

$$F = \frac{\Sigma \left(C' * b + (w * \cos^2(\alpha) - u * b) * \tan(\varphi')\right) * \left(\frac{1}{\cos(\alpha)}\right)}{\Sigma (w * \sin(\alpha))}$$

F : coefficient de sécurité
C': cohésion effective (kPa)
φ′ : angle de frottement interne effectif (degrés)
w : poids de la tranche de sol (kN)
u : pression interstitielle (kPa)
b : largeur de la base de la tranche (m)
α : angle d'inclinaison de la base de la tranche (degrés)

Les calculs se fait par logiciel SLIDE

VI.4.2.2 Vérification à court terme (Non drainée)

L'analyse de la stabilité au glissement sera effectuée pour les trois coupes lithologiques représentatives du site. Pour chaque coupe, l'étude portera sur le cas le plus défavorable, correspondant au remblai de hauteur maximale.

Les paramètres du remblai sont : **C** = 5kpa et **Φ** = 30° qui se donne une pente de **2/1.**

I. Première cas (PK0 – PK3)

La couche de sol support est Ap1.

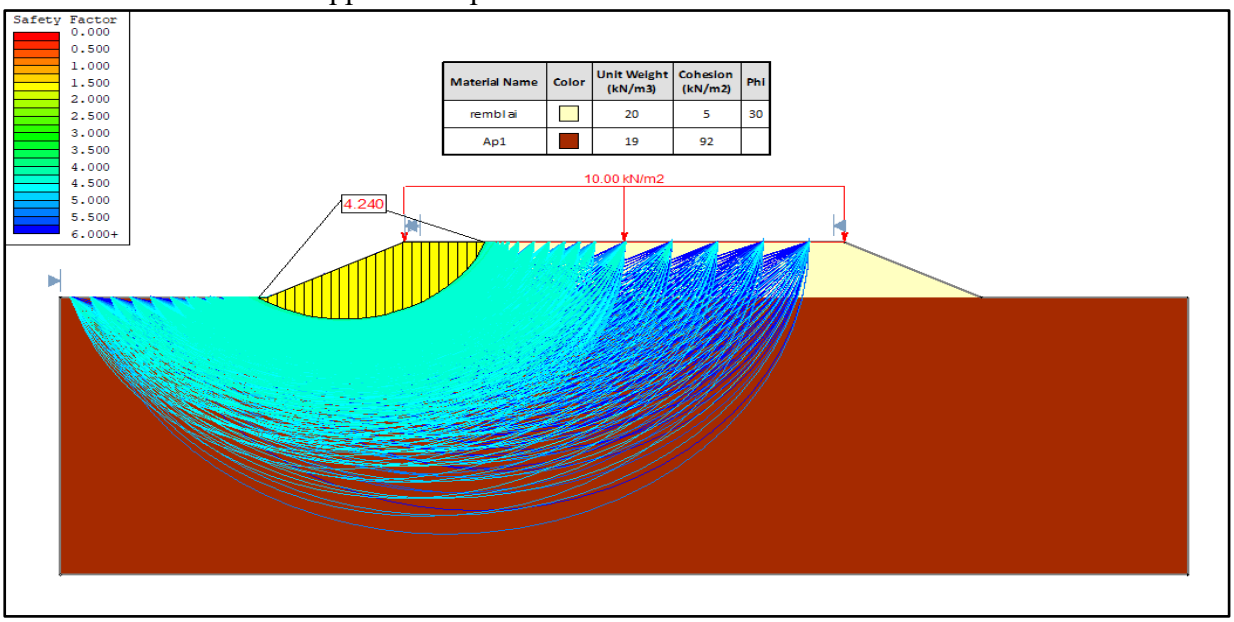


Figure 25 : Analyse de stabilité du remblai (PK0-PK3) à court terme

II. Deuxième cas (PK3 – PK6)

La couche du sol support est Ap1 aussi

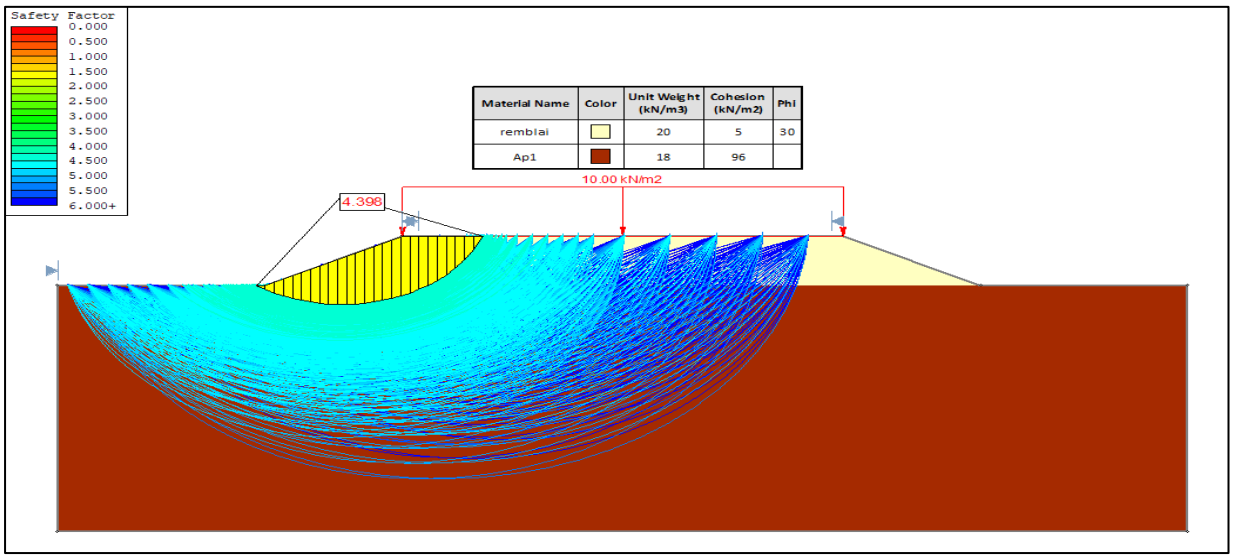


Figure 26 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) à court terme

III. Troisième cas (PK6 – PK11)

La couche du sol support est Ap4

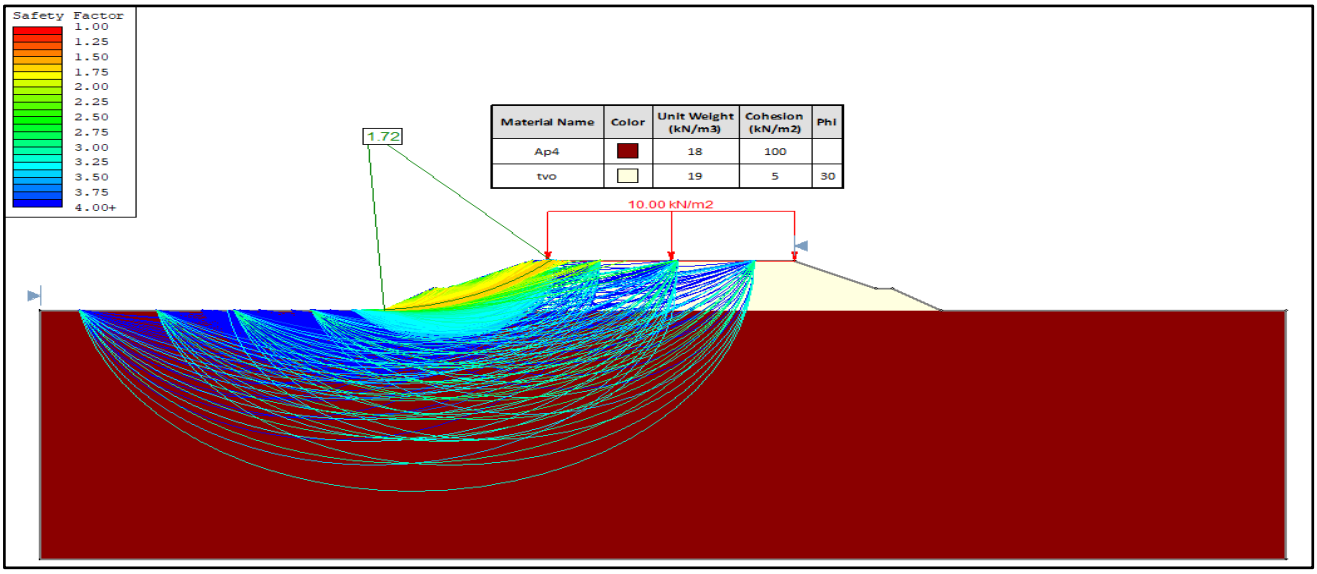


Figure 27 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) à court terme

VI.4.2.3 Vérification à long terme (drainée)

I. Première cas (PK0 – PK3)

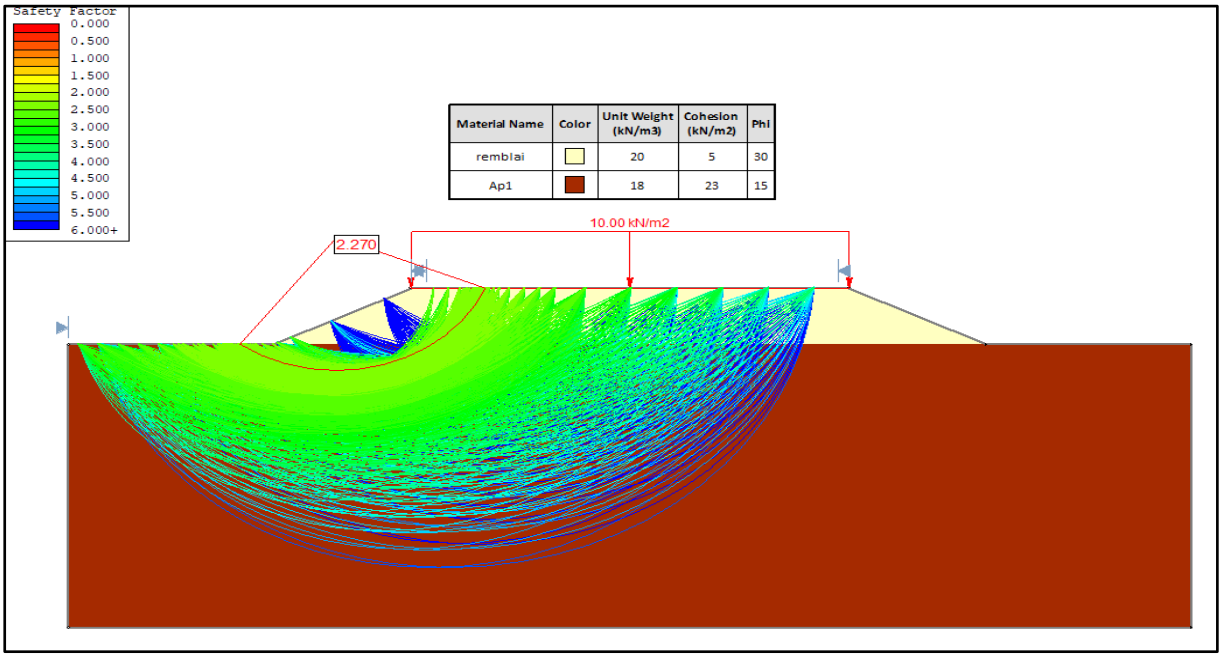


Figure 28 : Analyse de stabilité du remblai (PK0-PK3) à long terme

II. Deuxième cas (PK3 – PK6)

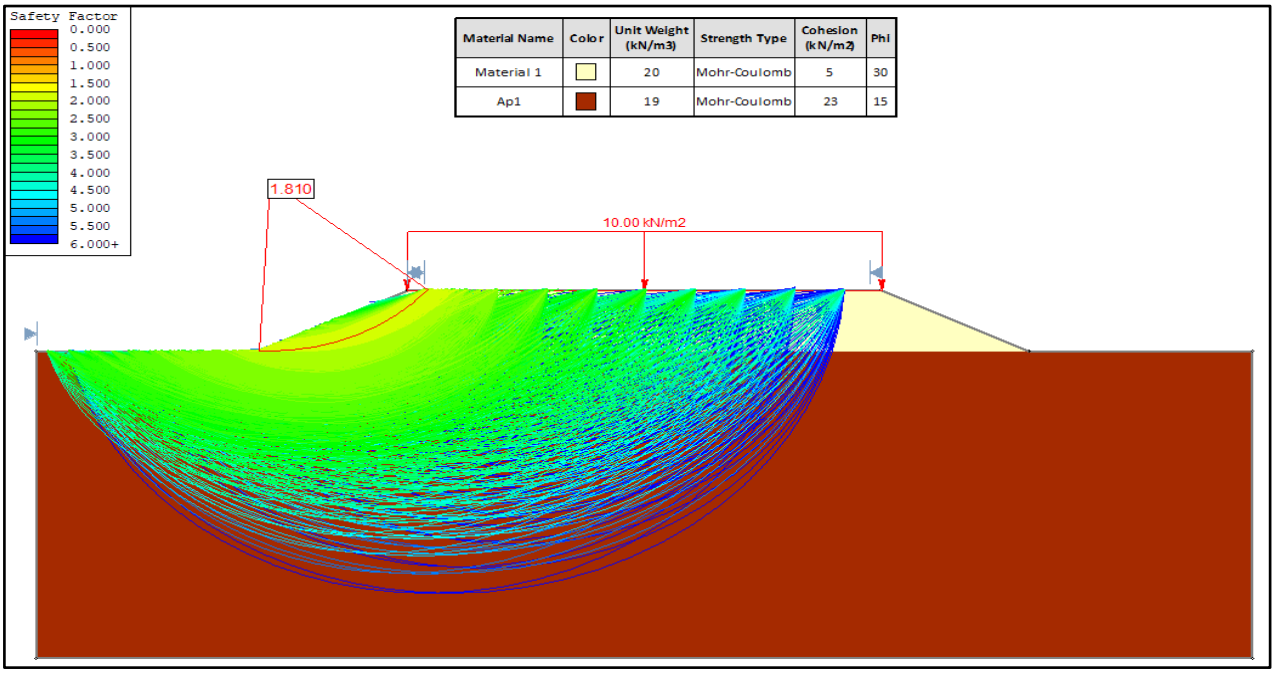


Figure 29 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) à long terme

III. Troisième cas (PK6-PK11)

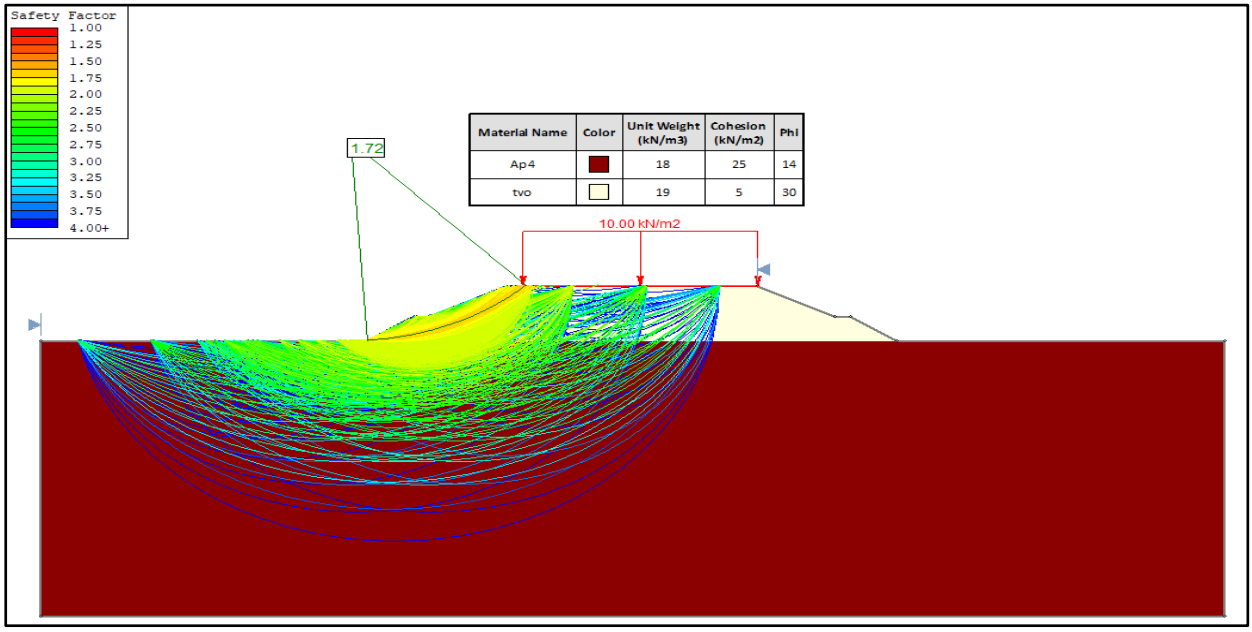


Figure 31 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) à long terme

VI.4.2.4 Vérification dans le cas sismique

Cette zone est classée V (sismicité élevée), le coefficient de l'accélération sismique pour l'étude des travaux A=0.20g. les coefficients sismiques vertical horizontale sont pris Kv = ± 0.3 Kh=0.03.

I. Premier cas

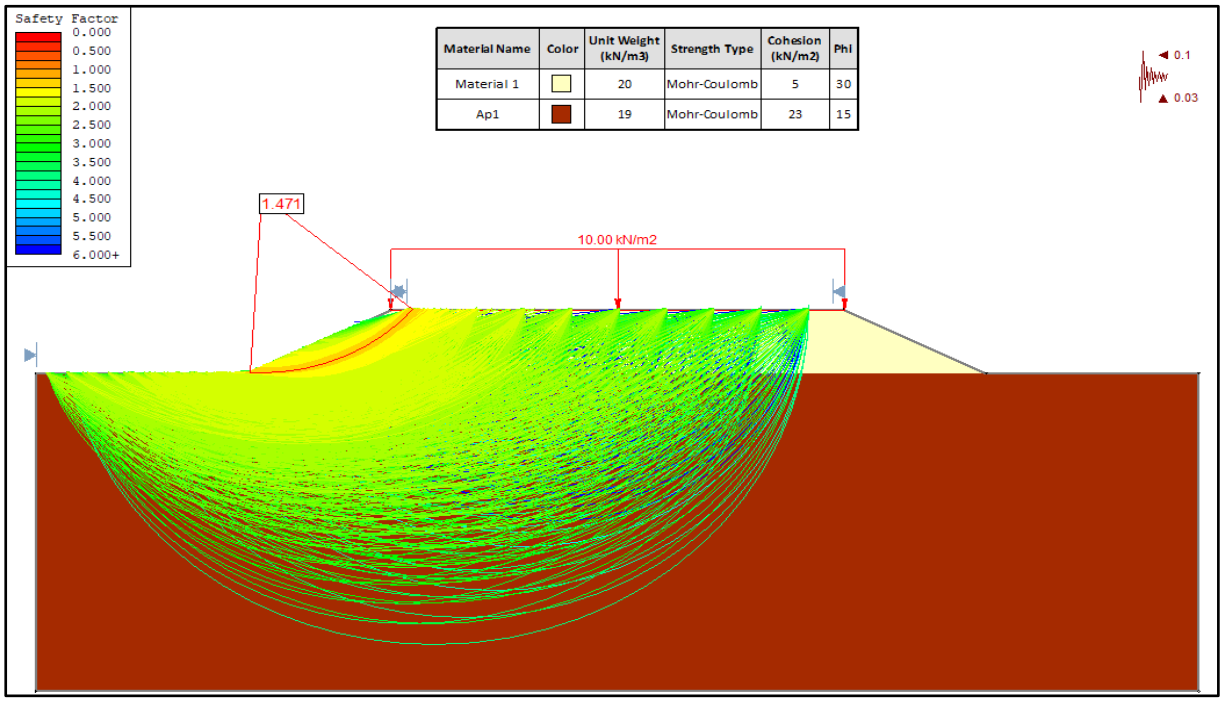


Figure 32 : Analyse de stabilité du remblai (PK3-PK6) dans le cas sismique

II. Deuxième cas

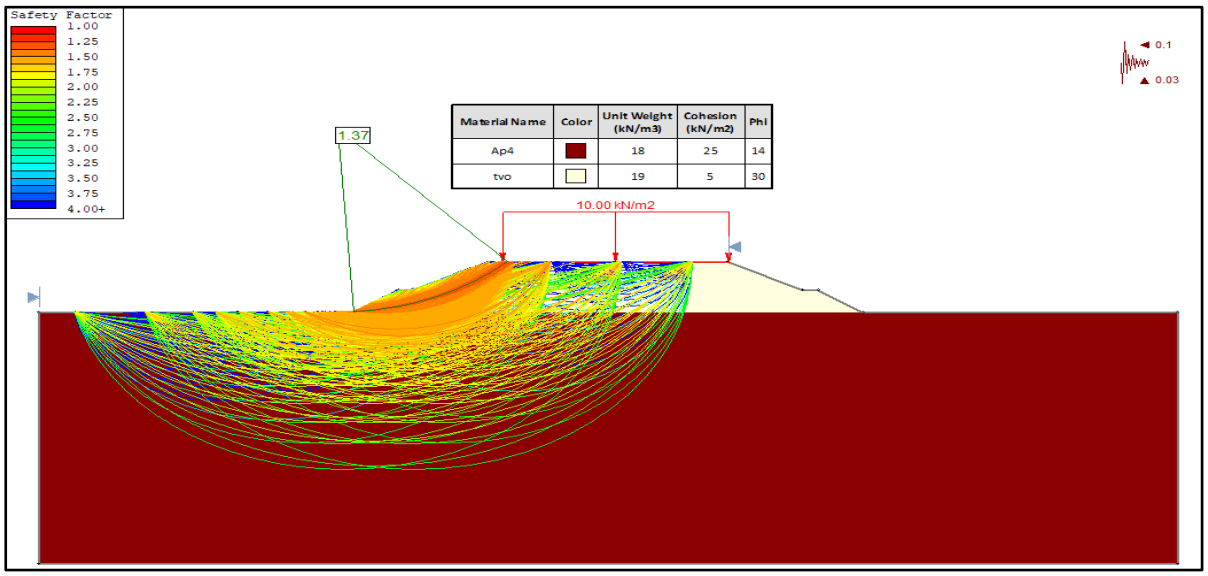


Figure 33 : Analyse de stabilité du remblai (PK6-PK11) dans le cas sismique

On observe que tous les cas sont stables.

Pour tous les cas a court terme on a fait une corrélation entre la cohésion non drainée et la pression limite pour assurer que les résultats sont fiables, l'utilisation d'une corrélation entre la résistance au cisaillement non drainée (Cu) d'un essai triaxial non consolidé non drainé (CUU) et la résistance à la pénétration statique (PL) s'est imposée comme une approche pertinente.

En effet, selon ***Braja M. Das*** **(2021)**, l'essai à la boîte de cisaillement direct, bien qu'utile pour des comparaisons relatives, ne permet pas de contrôler les pressions interstitielles ni de reproduire fidèlement les conditions de contrainte tridimensionnelles en sol saturé.

Cela limite fortement sa fiabilité pour l'analyse à court terme des sols fins ou sensibles. À l'inverse, l'essai triaxial, en particulier dans sa configuration CUU, offre une représentation plus réaliste des conditions de chantier, bien qu'il puisse rester contraignant en termes de temps et d'équipement.

Table 6.2 Empirical relationships between p_l and c_u

c_u	Clay type	References
$(p_l-p_o)/k$	$k = 2$ to 5	Menard (1957)
$(p_l-p_o)/5.5$	Soft to firm clays	Cassan (1972) and Amar and Jézéquel (1972)
$(p_l-p_o)/8$	Firm to stiff clays	
$(p_l-p_o)/15$	Stiff to very stiff clays	
$(p_l-p_o)/6.8$	Stiff clays	Marsland and Randolph (1977)
$(p_l-p_o)/5.1$	All clays	Lukas and LeClerc de Bussy (1976)
$(p_l-p_o)/10+25$		Amar and Jézéquel (1972)
$(p_l-p_o)/10$	Stiff clays	Martin and Drahos (1986)
$p_l/10+25$	Soft and stiff clay	Johnson (1986)

After Clarke (1995)

Empirical relationships have been proposed by several other groups and Clarke (1995) provides a summary which is shown in Table 6.2.

According to Baguelin et al. (1978), the Centre d'Etudes Me′nard proposed a value of 5.5 for the modified rigidity index in calculating the ultimate or residual strength ($c_{u\ res}$) of a clay:

$$p_l - p_o = 5.5 c_{u\,res} \qquad (6.14)$$

Figure 34 : Corrélation entre Cu et Pl

VI.4.3 Stabilité au poinçonnement

Le cas généralement le plus défavorable pour la stabilité est correspond à la situation à court terme, en conditions non drainées. Dans ce contexte, selon MAGNAN, la pression maximale admissible sur le sol, notée Qmax, est exprimée en fonction de la cohésion non drainée cu : $\boldsymbol{Qmax = (\pi + 2) * c_u}$.

La contrainte du remblai est donnée par : $\boldsymbol{q = \gamma h}$.

Donc le coefficient de sécurité est : $\boldsymbol{F = qmax / q = ((\pi + 2) * c_u) / (\gamma h)}$.

Dans le cas ou le remblai est large que l'épaisseur de la couche compressible MANDEL et SALENCON ont proposé une solution dans laquelle la pression limite sur le sol de cohésion Cu s'exprime par : $\boldsymbol{Qmax = C_u Nc(B/H)}$.

- **Nc :** coefficient de portance (coefficient de portance).
- **B :** la largeur du remblai.
- **H :** l'épaisseur de la couche compressible.

Tableau 39 : Valeurs de facteur de portance selon Eurocod7

ϕ (°)	Nq	Nγ	Nc
0	1,0	0,0	5,1
5	1,6	0,11	6,5
10	2,5	0,50	8,3
15	3,9	1,60	11,0
20	6,4	4,60	14,8

On va calculer la stabilité au poinçonnement selon les 3 cas lithologiques :

Tableau 40 : Résultats de vérification du poinçonnement

Cas	Cu (kpa)	Nc	B (m)	H (m)	Qmax (Kpa)	q (Kpa)	FS
PK0-PK3	92	5,1	52	20	1196	100	11.9
PK3-PK6	96	5,1	54	10	2643.84	110	14.6
PK6-PK11	100	5,1	63	22	1460	180	8.11

Donc on n'a pas des risques au poinçonnements (Fs calculés sont supérieure à Fmin=1.5).

VI.4.4 Tassement

Le tassement total (St) d'un sol chargé possède trois composantes : St= Si + Sc + Sα

1. **Tassement immédiat non drainé (Si) :** Il s'agit de connaître la distribution, avec la profondeur, de l'accroissement de contrainte verticale σzz, par rapport à l'état de contrainte initial dans le sol, apporté par une contrainte q appliquée en surface (théorie de Boussinesq) et le module d'Young du sol E au niveau de la couche i, calculé à partir du module pressiométrique comme suit : E=Em/α (coefficient rhéologique).

$$Si = q \times ((1-u^2)/E) \times B \times Cf$$

- **q** : Contrainte appliquée sur la fondation.
- **E et μ** : Module de Young et coefficient du Poisson.
- **B** : Largeur ou diamètre du remblai.
- **Cf** : Coefficient dépendant de la forme de la fondation, de sa rigidité et de la position du point considéré.

2. **Tassement de consolidation (Sc) :** Le tassement œdométrique sc d'une couche élémentaire de sol d'épaisseur Hi dû à un accroissement de la contrainte verticale dépend de l'état de référence de l'histoire du chargement du sol.

   i. **Sol Normalement Consolidé (NC) :**

$$\mathbf{Soed = \sum Hi \times (Cc / (1 + e0)) \times \log ((\sigma'0 + \Delta\sigma) / \sigma'0)}$$

   ii. **Sol Surconsolidé (OC) :**

- $\sigma f' < \sigma p'$ **: Soed = ∑ Hi × (Cs / (1 + e0)) × log ((σ'0 + Δσ) / σ'p).**
- $\sigma f' > \sigma p'$**: Soed = ∑ Hi × [(Cs / (1 + e0)) × log (σ'p / σ'0) + (Cc / (1 + e0)) × log ((σ'0 + Δσ) / σ'p)].**

   - **H :** épaisseur de la couche (m).
   - **Cs :** indice de gonflement.
   - **Cc :** coefficient de compressibilité.
   - **σ_{v0} :** contrainte verticale effective initiale au milieu de la couche (kpa)
   - **Δσ :** accroissement de contrainte apporté par la fondation au milieu de la couche (kpa)
   - **$\sigma p'$:** contrainte de reconsolidation (kpa).

3. **Tassement de fluage (Sα) :** est un changement de volume du sol à contrainte effective constante qui poursuit au-delà du processus de consolidation primaire après que toutes les surpressions interstitielles se soient dissipées.

$$\mathbf{S\alpha = Hp \times (C\alpha/(1+ep)) \times \Delta\log(t)}$$

   - **Cα :** Indice de compression secondaire.
   - **ep :** Indice des vides à la fin de la consolidation primaire.
   - **t :** Le cycle de temps considéré pour le calcul des tassements secondaires.
   - **Hp :** Épaisseur de la couche compressible à la fin de la consolidation primaire.

Tableau 41 : Calcul de tassement PK3-PK6

Sous couche	H	Cc	Cs	σ'_{v0}	Δσ	σp´	OCR	*Soed* (mm)
1	**2**	0.248	0.054	37.2	107.8	121.36	3.26	**16.28**
2	**4**	0.248	0.054	54.4	107.8	121.36	2.23	**26.14**
3	**6**	0.248	0.054	71.6	105.6	121.36	1.69	**32.53**
4	**8**	0.248	0.054	88.8	104.4	121.41	1.36	**37.21**
5	**10**	0.248	0.054	106	103.5	121.41	1.14	**40.76**
6	**12**	0.290	0.070	118.4	103.1	192.92	1.62	**52.59**
7	**14**	0.290	0.070	134.8	102.6	192.92	1.43	**55.44**
8	**16**	0.290	0.070	151.2	102.3	192.92	1.27	**57.85**
9	**18**	0.290	0.070	167.6	101.9	192.95	1.15	**59.82**
10	**20**	0.290	0.070	184	101.7	192.95	1.04	**61.57**
								440.19

Pour le calcul de tassement, on a choisi le cas de PK3–PK6.

Le terrain se compose de 2 couches d'argile, 10m d'épaisseur chacune.

La nappe est située à 4m de profondeur.

D'après L'OCR, on observe que notre sol est plus ou moins normalement consolidé.

On a calculé que le tassement de consolidation primaire a cause d'un manque de données.

VI.4.4.1 Calcul du temps de consolidation

$$Tv = (Cv \times t) / H^2$$

- **Cv :** coefficient de consolidation (cm²/s).
- **H :** la couche d'argile drainée des deux coté (H/2)(m).
- **t :** le temps de consolidation (j).

Tableau 42 : Valeur du facteur temps en fonction du degré de consolidation.

U (%)	Tv	U (%)	Tv
12	0.01	70	0.4
20	0.03	80	0.57
30	0.07	90	0.85
40	0.13	95	1.2
50	0.2	99	2
60	0.29	-	-

Tableau 43 : Calcul de temps de consolidation pour les deux couches

Couche	$Cv \times 10^{-3}$	Tv	H^2	t
AP1	1.84	0.85	25	3ans, 8mois, 27j
AP3	3.05	0.85	25	2ana, 2mois, 15j

Donc le temps de consolidation est de 3ans, 8 mois et 27 j.

- **Surcharge temporaire** : L'application d'une surcharge temporaire permet de diminuer le tassement postérieur à la mise en service du remblai, mais au détriment de sa stabilité pendant la construction. En augmentant la charge appliquée au sol, on crée un tassement final plus important, dont 60 ou 80% peuvent représenter le tassement total du remblai à construire. Le temps nécessaire pour atteindre la déformation finale du sol sous le remblai est donc réduit.

- **Drains verticaux :** Cette technique est utilisée pour accélérer les tassements de consolidation des sols fins saturés de faible perméabilité. La durée de la consolidation des sols est proportionnelle au carré de la distance de drainage. L'introduction de colonnes verticales drainantes dans un massif de forte épaisseur permet de raccourcir fortement cette distance de drainage et de contrôler ainsi les vitesses de consolidation. Les drains verticaux ont été initialement exécutés en sable. Les drains plats préfabriqués sont en général moins onéreux actuellement. L'eau sortant des drains doit être évacuée sous le remblai (couche drainante). Cette technique n'a d'effet que sur la vitesse de tassement (le tassement doit être créé par ailleurs).

VI.5 TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

Le choix des techniques de construction sur sols compressibles dépend du temps disponible pour l'exécution des travaux, de l'amplitude des déformations tolérées après la mise en service, des contraintes d'environnement du projet et des contraintes budgétaires.

Il excite deux méthodes qui se rattachent à deux groupes de techniques :

Premier groupe : rassemble les dispositions constructives directement rattachées au remblai notamment : construction par étapes, banquettes latérales, surcharge temporaire, remblais allégés, renforcement par géotextiles.

Second groupe : nécessitent des interventions dans le sol de fondation : substitution du mauvais sol, drains verticaux, consolidation atmosphérique, colonnes ballastées, plots ballastés pilonnés, injection solide.

Ces techniques visent à assurer la stabilité des sols et à limiter les déformations des remblais aux valeurs imposées par le projet.

Tableau 44 : Les avantages et les inconvénients des différentes techniques

Technique	Coût	Délai	Technicité	Fiabilité
ACTIONS SUR LE REMBLAI				
Banquettes latérales	■■	■■■	■	■■■
Surcharge temporaire	■■	■■■	■■■	■■■
Remblais allégés	■■■	■■■	■■■	■■■
Renforcement par géosynthétiques	■■	■■■	■■■	■■
ACTIONS SUR LE SOL DE FONDATION				
Substitution du mauvais sol	■■■	■■■	■	■■■
Drains verticaux	■■■	■■■	■■■	■■
Consolidation atmosphérique	■■■	■■	■■■	■■
Colonnes ballastées	■■■	■■■	■■■	■■
Injection solide	■■■	■■	■■■	■■
Colonnes de sol traité	■■■	■■	■■■	■■
Remblai sur inclusions rigides	■■■	■■■	■■	■■■

Légende :

- ■ = Faible / ■■ = Moyen / ■■■ = Élevé / Long / Complexe / Fiable

CHAPITRE VII : ETUDE HYDRAULIQUE

VII.1 INTRODUCTION

L'eau restant sur la surface de la route entraîne son altération, surtout si elle atteint les couches intérieures où se produiront les dégradations telles que :

- Nid de poule.
- Affaissement.
- Erosion.
- Glissement des talus.

Les études hydrologiques et hydrauliques visent à fournir les données nécessaires aux calculs et justifient les solutions proposées pour le drainage et l'assainissement de l'eau de la liaison autoroutière. Elles ont notamment à comprendre le cycle et les ressources de l'eau, à définir les bassins versants, les cours d'eau et les ouvrages hydrauliques.

VII.2 TYPES D'OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Ce sont des ouvrages pour collecter les eaux et les transporter à leurs rejets**.**

i. **Canalisations longitudinales :** ce sont les éléments de drainage qui s'étendent parallèlement à l'axe de la chaussée.
    - Fossé de pied de talus (déblai ou remblai).
    - Fossé de crête de talus (déblai ou remblai).

ii. **Les ouvrages transversaux :** ce sont les éléments qui construisent perpendiculairement à la chaussée pour l'évacuation et le drainage des eaux.
    - Buses.
    - Dalots.
    - Les ponts.

VII.3 LES EXIGENCES POUR LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

- Maintenir la géométrie naturelle du cours d'eau.
- Respecter les normes techniques et environnementales.
- Limiter ou réduire l'érosion dans les talus et les fossés.
- Prendre en compte le problème de l'affouillement.
- Calculer les débits pour une période de retour de cent (100) ans pour les ouvrages traversant la route.
- Calculer les débits pour une période de retour de dix (10) ans pour les systèmes drainant à la surface.

VII.4 ETUDE HYDROLOGIQUE

Cette étude vise à déterminer les caractéristiques des crues estimées transportées par les bassins ou sous-bassins versants.

L'estimation précise de ces crues est une étape essentielle qui permit de dimensionner l'ouverture des nombreux passages hydrauliques sous-autoroutiers, qu'il s'agisse des ponts, des buses ou des dalots qui franchissent les oueds.

VII.4.1 Description sommaire de la zone d'étude

La vallée de l'oued Soummam est localisée au centre nord-est de l'Algérie, en Kabylie, qui s'interpose entre les massifs montagneux du Djurdjura à l'ouest et son prolongement vers le nord-est par le chaînon d'Aghbalou - Gouraya, et des Bibans au Sud et leur prolongement vers l'Est par les Babors. La partie amont est prise comme étant le début de l'oued Soummam à partir de la confluence de l'oued Boussellam et l'oued Sahel, située à 2 km au sud-ouest de la ville d'Akbou et la terminaison aval est représentée par l'embouchure de la Soummam, située à la périphérie Est de la ville de Bejaïa.

La wilaya de Bejaïa faisant partie d'une région assez arrosée dont le réseau hydrographique du bassin de la Soummam compte 09 principaux oueds (Soummam, Azero, Ataissa, O'Kriss, Eddous, Bousselem, Elmain, Bouktou et ziane), totalisant une longueur de 726 Km qui varie de 23 km à 226 Km.

Les eaux souterraines :

Nappes de la haute et moyenne soummam.

Nappe de la basse soummam.

Nappe d'El Asnam. Nappe des hautes plaines sétifiennes.

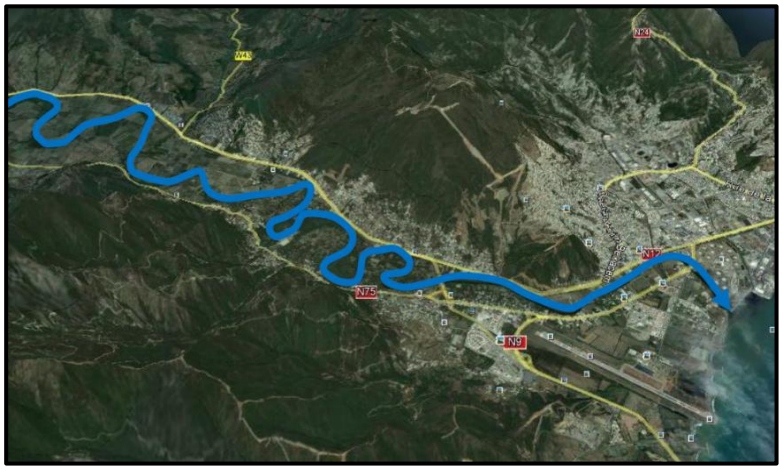


Figure 35 : Oued Soummam

VII.4.2 Délimitations des bassins versants

Un processus pour identifier et de cartographie les limitations d'une zone géographique où toutes les eaux, qu'elles soient de surface ou souterraines, s'orientent vers un point de sortie (exutoire) commun, comme une rivière ou un lac.

On utilise les logiciels Google Earth et Global Mapper et la carte topographique pour délimiter les BV.

VII.4.3 Caractéristiques physiques BV

Nous trouvons dans le tableau suivant les caractéristiques physiques des BV

N°BV	S (km²)	P (km)	H max (m)	H min (m)	H moy (m)	I moy (m/m)	L (km)
1	1,146	7,183	240	10	125	1,136	0,202
2	5,605	13,679	448	4	226	0,177	2,500
3	113,6	63,964	926	4	465	0,055	16,600
4	114,24	63,735	926	4	465	0,054	16,924
5	118,63	63,964	926	4	465	0,051	17,872
6	126,62	63,353	926	4	465	0,049	18,563
7	128,18	64,269	926	4	465	0,045	20,263
8	129,68	64,27	926	3	464,5	0,044	20,853
9	130,93	64,423	926	1	463,5	0,043	21,453
10	136,33	67,939	926	0	463	0,041	22,270
11	2,409	11,387	488	0	244	0,338	1,443
12	6,785	18,418	406	-2 m	202	0,110	3,700

Avec :

S : Surface (km²).
P : Périmètre (km).
L : Longueur du cours d'eau principal (km).
H max : Altitude max (m).
H min : Altitude min (m).
H moy = [(Hmax+Hmin) /2] : Altitude Moyenne (m).

VII.4.4 La station météorologique

La station pluviométrique choisi est la plus proche au projet.
Station de Bejaia aéroport code ANRH 151009.

VII.4.5 Etude des crues

On utiliser le guide de l'assainissement routier de sétra pour estimer les débits de crue des bassins versants qui dépende au plusieurs facteurs ayant une influence variable sur la formation des crues comme la topographie, le climat, la géologie et la morphologie de bassin versant.

La méthode de calcul est la méthode rationnelle : $Q_a = \frac{C_r * i * S}{3.6}$

Avec :

Q_a : débits d'apport de période de retour (m^3/s)

C_r: Coefficient de ruissellement

i: Intensité de la pluie exprimée en mm/h

S: Surface km^2

VII.4.5.1Coefficient de ruissellement C_r

C'est le volume d'eau de pluie à la surface par rapport le volume des précipitations, il représente la portion de la pluie qui reste à la surface au lieu de s'infiltrer ou stockée.

On obtient les Cr en fonction de la période de retour T suivants selon guide sétra assainissement :

Tableau 45: les valeurs du Cr

T(ans)	10	50	100
Cr	0.4	0.49	0.52

VII.4.5.2Temps de concentration Tc

L'évaluation du temps de concentration du bassin versant (Tc) soit le temps le plus long que met une goutte d'eau du bassin versant pour atteindre l'exutoire.

L'estimation de Tc par plusieurs formules tels que :

- Méthode de ventura (si S<5Km²) : $T_c=0.127(\frac{S}{I})^{0.5}$
- Méthode Passini (entre 5 km² et 25 km²) : $T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{I}}$
- Méthode Giandotti (entre 25 km² et 400 km²) : $T_c = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H-}}$

Où :

S : surface BV (Km2)
L : longueur BV (Km)
I : pente moyenne du BV (m/m)
H : Différence entre l'altitude moyenne et minimale du bassin (m)

VII.4.5.3Intensité de pluie

C'est la quantité de pluie tombée sur une surface pendant une unité de temps.
Pour estimer le débit de retour on utilise la formule de Montana (relation entre Intensité-Durée-Fréquence (IDF)).

$i(t,T)=a(t)/t_c^b$

Où :
i(t,T) : Intensité de pluie exprimée en (mm/h).
t : période de retour exprimée en années.
t : temps concentration en (h).

a et b : paramètres de Montana.

Tableau 46 : paramètres de Montana

Période de retour	a	b
10	23.45	0.55
50	30.15	0.55
100	33.02	0.55

VII.4.6 Exemple de calcule de débit et intensité

On prend le bassin versant N°01

La pente moyenne :

Imoy=14,46 m/m

Temps de concentration :

S=1,146KM<5KM, Tc=0.127$(\frac{S}{I})^{0.5}$

T_c=0.127$(\frac{1.146}{1.136})^{0.5}$ => **Tc=0.128h**

Intensité de pluie :

t=10ans:

i (10) = $\frac{a(10)}{T_c^b}$ => i (10) = $\frac{23.45}{0.128^{0.55}}$ => **i (10) =72.64 mm/h**

t=50ans:

i (50) = $\frac{a(50)}{T_c^b}$ => i (50) = $\frac{30.15}{0.128^{0.55}}$ => **i (50) =93.39 mm/h**

t=100ans:

i (100) = $\frac{a(100)}{T_c^b}$ => i (100) = $\frac{33.02}{0.128^{0.55}}$ => **i (100) =102.28 mm/h**

Débit de d'apport :

t = 10ans :

$Qa_{10} = \frac{C_r * i * S}{3.6}$ => $Q_{10} = \frac{0.4*72.64*1.146}{3.6}$ => $\mathbf{Q_{10} = 9.25 m^3/s}$

t = 50ans :

$Qa_{50} = \frac{C_r * i * S}{3.6}$ => $Q_{50} = \frac{0.49*93.39*1.146}{3.6}$ => $\mathbf{Q_{50} = 14.57 m^3/s}$

t = 100ans :

$Qa_{100} = \frac{C_r * i * S}{3.6}$ => $Q_{100} = \frac{0.52*102.28*1.146}{3.6}$ => $\mathbf{Q_{100} = 16.93 m^3/s}$

VII.4.7 Présentation des résultats

Les valeurs des intensités de pluie et les valeurs des débits maximums pour les périodes de retour de 100, 50 et 10 ans représenté dans le tableau suivant :

Tableau 47 : les résultats de débit

BV	S (Km^2)	Formule (Tc)	Tc(h)	i (10) (mm/h)	i (50) (mm/h)	i (100) (mm/h)	Qa10 (m^3/s)	Qa50 (m^3/s)	Qa100 (m^3/s)	Proposition
01	1,146	Ventura	0.128	72.64	93.39	102.28	9.28	14.57	16.93	Dalot
02	5,605	Passini	0.618	30.55	39.28	43.02	19.02	29.96	34.83	Dalot
03	113,6	Giandotti	3.931	11.04	14.20	15.55	139.35	219.56	255.16	OA
04	114,24	Giandotti	3.967	10.99	14.12	15.47	139.50	219.55	255.27	OA
05	118,63	Giandotti	4.097	10.79	13.88	15.20	142.22	224.12	260.46	OA
06	126,62	Giandotti	4.241	10.60	13.62	14.91	149.13	234.73	272.70	OA
07	128,18	Giandotti	4.406	10.37	13.34	14.60	147.70	232.74	270.32	OA
08	129,68	Giandotti	4.470	10.29	13.23	14.49	148.26	233.52	271.42	OA
09	130,93	Giandotti	4.531	10.21	13.13	14.38	148.53	237.55	271.95	OA
10	136,33	Giandotti	4.654	10.06	12.94	14.17	152.38	240.11	279.04	OA
11	2,409	Ventura	0.339	42.51	54.66	59.86	11.38	17.92	20.83	Dalot
12	6,785	Passini	0.953	24.08	30.96	33.90	18.15	28.60	33.22	Dalot

VII.5 ÉTUDE HYDRAULIQUE

Les niveaux d'eau et les coupes des ouvrages projetés définis sur la base de l'étude hydrologique conditionnent la conception des ouvrages courants et les ponts.

Les reconnaissances du site visant à vérifier les formes des oueds et les ouvrages d'assainissement existants aident à planifier les ouvrages avec plus d'attention pour les oueds susceptibles de connaître l'inondation,

VII.5.1 Les ouvrages transversaux

VII.5.1.1 Dimensionnement des buses

Pour conduire les eaux des fossés vers les rivières, le choix de buse dans le cas où il y'a un débit de Q <4m^3/s**.**

Le dimensionnement d'une buse c'est par comparaison entre débit d'apport Qa et le débit de saturation Qs de Manning Strickler.

La formule de Manning Strickler : $Qs=S_m*K_{st}*R_h^{2/3}*J^{1/2}$

Avec :

$S_m = \pi D^2/4$: section mouillée.

$Pm = \pi \times D$: périmètre mouillée.

K : coefficient de STRICKLER.

R_h =Sm/Pm =>Rh=D/4 : rayon hydraulique (m).

J : pente longitudinale.

Alors : Qs= Qa => D= $\left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * Qa}{\pi * Ks * j^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/8}$ avec Qa=Q10

Après le calcule de D on choisir un diamètre normalisé commercial dans le marché.

Les conditions d'auto-curage :

V > 0.6 m/s pour Q=0.1Q_{ps}

V > 0.3 m/s pour Q=0.01Q_{ps}

$Q_{ps} = K_{st} * j^{1/2} * S_m * R_h^{2/3}$: Débit pleine section.

Remarque :

Si l'une des conditions n'est pas remplie, on change le diamètre.

VII.5.1.2Dimensionnement des dalots

Par la formule de Manning Strickler $Qs=S_m * K * R_h^{2/3} * J^{1/2}$.

Avec une hauteur de remplissage de la séction égale à 80%.

La surface mouillée : Sm=0.8*H*B

Le périmètre mouillé : Pm=1.6H+B

Le rayon hydraulique : Rh=$\frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8*H*B}{1.6H+B}$

$H = \frac{1}{0.8B} * \left(\frac{Qa}{K * j^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} * (1.6H + B)^{\frac{2}{5}}$

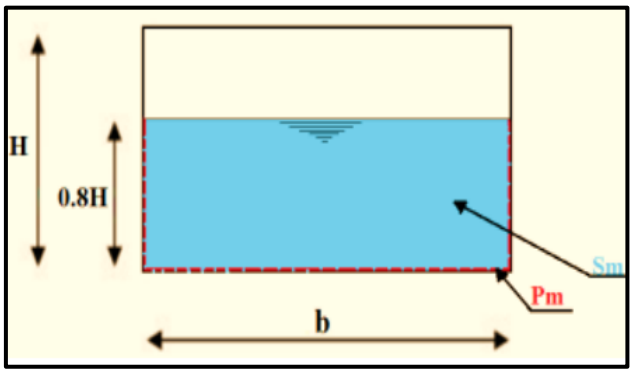


Figure 36 : Dalot

VII.5.1.2.1 Application au projet

Prenons comme exemple le bassin versant N° :11

Kst=70
J=1% (pour assurer un bon écoulement et maitriser la vitesse de l'eau).
Qa(50)=17.92 m^3/s

$$H_{n+1}=\frac{1}{0.8B}*\left(\frac{Qa}{K*j^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}}*(1.6Hn+B)^{\frac{2}{5}}$$

On fix B=2.5m et Pose h_0=0.8m

$$H_1=\frac{1}{0.8*2.5}*\left(\frac{17.92}{70*0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}}*(1.6*0.8+2.5)^{\frac{2}{5}}$$

H_1=1.495m

Tableau 48 : résultats des itérations

H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
1.495	1.658	1.693	1.700	1.702	1.702	1.702

On prend pour la sécurité dalot de 2.5m*2.5m

VII.5.1.2.2 Vérification des conditions d'auto-curage

- Sm=0.8*H*B= 0.8*2.5*2.5
  Sm=5m^2

1- La vitesse : v=Qa/Sm
v=17.92/5=3.58 m/s<4 m/s (Vérifier).

2- La hauteur critique : $Hc=\sqrt[3]{\frac{Qa^2}{g*B}}$

$Hc=\sqrt[3]{\frac{17.92^2}{9.81*2.5}}=2.35m<H=2.5m$ (Vérifier).

3- Le régime d'écoulement (Nbre de Froud) : F=$\frac{V}{\sqrt{g*H}}$

F=$\frac{3.58}{\sqrt{9.81*2.5}}=0.722<1$ régime fluvial

VII.5.1.2.3 Présentations des résultats :

Le tableau ci-dessous représenté les dimensions et montre les vérifications des conditions auto-curage des s différents dalots.

Tableau 49: Vérification des conditions d'auto-curage

N° BV	Qa(50) (m^3/s)	B(m)	H(m)	V m/s	Condition 1	Hc(m)	Condition 2	F	Condition 3
01	14.57	2.5	2	3.64	Vérifier	2.05	Vérifier	0.735	Vérifier
02	29.96	3.5	3	3.56	Vérifier	2.96	Vérifier	0.65	Vérifier
11	17.92	2.5	2.5	3.58	Vérifier	2.35	Vérifier	0.722	Vérifier
12	28.6	3.5	3	3.40	Vérifier	2.87	Vérifier	0.626	Vérifier

VII.5.2 Assainissement longitudinal

Pour choisir la forme et les dimensions d'un fossé est dépond les éléments de la route (chaussée, berme et talus), et leurs débits d'apporté.

- **Débit d'apporté** : Qa=Qc+Qacc+Qt

  $Qc=\frac{1}{3.6} * C_C * I * A_c$: Débit de la chaussée.

  $Qb=\frac{1}{3.6} * C_b * I * A_b$: Débit de berme.

  $Qt=\frac{1}{3.6} * C_t * I * A_t$: Débit du talus.

  Avec :

  A_C: Surface de la chaussée.

  A_b : Surface de la berme.

  At : Surface du talus.

  C_C : Coefficient de ruissellement de la chaussée.

  C_b : Coefficient de ruissellement de berme.

  Ct : Coefficient de ruissellement du talus.

- **Débit de saturation** : $Qs=S_m * K_{st} * R_h^{2/3} * J^{1/2}$

Pour fossé en béton avec une forme trapézoïdale :

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

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

Avec : m=Cotg α et e=m.h

Rh = Sm /Pm

Un angle de 45° m=1

Alors: Qs= Qa => $H_{n+1} = (\frac{Qa}{Kst * b * j^{1/2}})^{\frac{3}{5}} * \frac{(1+2\frac{hn}{b}\sqrt{2})^{\frac{2}{5}}}{1+\frac{hn}{b}}$

On fixe b et on calcule H par itération.

VII.5.2.1Application au projet

- On prend comme exemple de calcul le cas le plus défavorable, ou il y a une hauteur importante du remblai de 9m dans le PK7+7300, avec une mise en place de banquette tous les 5 mètres, ces banquettes agissent comme des ruptures de pente et pour pose un fossé de crête de talus pour collecter les eaux de surface.

VII.5.2.1.1 Pour le fossé de crête de talus en remblai :

Tableau 50: Les caractéristiques des sous bassins versants

	Largeur (m)	Longueur(m)	Surface(m^2)	I (%)
Chaussée	16.5	175	2887.5	2.5
Berme	3	175	525	4
Talus1	/	175	2112.6	50

- **Le temps de concentration :**

Talus: S= 2112.6*10^{-6}km<5km: $T_c=0.127(\frac{S}{I})^{0.5}$

Tc=0.0082h

Chaussée : Tc=0.043h

Berme : Tc=0.014h

- **L'intensité de pluie :**

Pour une période de retour de 10 ans : $I(t) = a(T)/ Tc^b$

Talus : $I(t) = 23.45/ 0.0082^{0.55}$

I(t) =329.26mm/h

Chaussée : I(t) =132.35mm/h

Berme : I(t) = 245.34mm/h

- **Coefficient de ruissellement**

Cc=0.95
Cb=0.4
Ct=0.3

- **Débit d'apport** :

On utilise la méthode Rationnelle $Qa=\frac{1}{3.6}*C*I*A$

Talus : $Qt=\frac{1}{3.6}*0.3*329.26*2112.6*10^{-6}$

Qt=0.058m^3/s

Chaussée : Qc=0.1 m^3/s

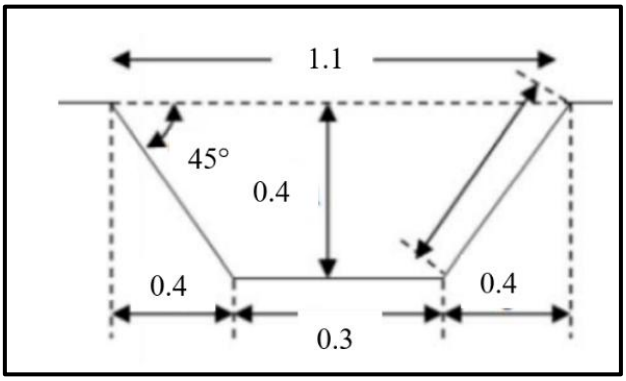
Berme : Qb=0.0143m^3/s

Débit d'apport total : Qa=0.172 m^3/s

- **Calcul la hauteur de fossée**

$$H_{n+1} = \left(\frac{Qa}{Kst * b * j^{1/2}}\right)^{\frac{3}{5}} * \frac{(1 + 2\frac{hn}{b}\sqrt{2})^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{hn}{b}}$$

On fix b=0.3m et h_0=0.2m calculer H par itération on trouve H=0.2m pour la sécurité on prend h=0.4m



gure 37: Fossé de crête de talus en remblai.

VII.5.2.1.2 Fossé de pieds de talus en remblai.

Tableau 51: Les caractéristiques des sous bassins versants

	Largeur (m)	Longueur(m)	Surface(m^2)	I (%)
Chaussée	16.5	175	2887.5	2.5
Berme	3	175	525	4
Talus1		175	3521	50

- **Le temps de concentration :**

Talus: S= 3521*10^{-6}km<5km: $T_c = 0.127(\frac{S}{I})^{0.5}$
Tc=0.010h

Chaussée : Tc=0.043h

Berme : Tc=0.014h

- **L'intensité de pluie :**

Pour une période de retour de 10 ans : $I(t) = a(T)/ Tc^b$

Talus : $I(t) = 23.45/ 0.01^{0.55}$

I(t) =295.22mm/h

Chaussée : I(t) =132.35mm/h

Berme : I(t) = 245.34mm/h

Coefficient de ruissellement :

Cc=0.95
Cb=0.4
Ct=0.3

Débit d'apport :

On utilise la méthode Rationnelle Qa=$\frac{1}{3.6}$ ∗C*I*A

Talus : Qt=$\frac{1}{3.6}$ ∗0.3*295.22*3521*10^{-6}

Qt=0.086m^3/s

Chaussée : Qc=0.1 m^3/s

Berme : Qb=0.0143m^3/s

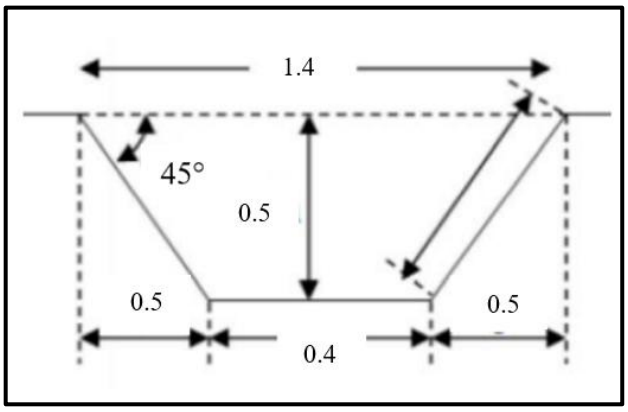
Débit d'apport total : Qa=0.200 m^3/s

Calcul la hauteur de fossé :

$$H_{n+1} = (\frac{Qa}{Kst * b * j^{1/2}})^{\frac{3}{5}} * \frac{(1 + 2\frac{hn}{b}\sqrt{2})^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{hn}{b}}$$

On fix b=0.4m et h_0=0.4m

Calcul H par itération on trouve H=0.4m pour la sécurité on prend h=0.5m.



igure 38: Fossé de pieds de talus en remblai

CHAPITRE VIII : LES CUBATURES

VIII.1 INTRODUCTION

Dans un projet routier, la forme de terrain naturel est toujours incompatible avec la ligne rouge de l'axe routier, donc l'étape de terrassement se fait en ajoutant ou en retirant de la terre qui s'appelle les cubatures de terrassement.

VIII.2 BUT DE TERRASSEMENT

- Minimise-les couts de terrassement.
- Essayer d'équilibrer entre le volume de déblai et de remblai.
- Prépare le terrain de projet.

VIII.3 CUBATURES DE TERRASSEMENT

C'est le volume de remblai et déblai en mètres cubes (m^3) qui utilisé dans un projet routier pour déniveler la surface et obtenir une chaussée stable et le respecter les normes.

VIII.3.1 Méthode de calcul

Il existe plusieurs méthodes qui permettent d'estimes les cubatures :

- Méthode des sections transversales (la méthode de la moyenne des aires)
- Méthode de la longueur applicable ou méthode approchée
- Méthode des modèles numériques de terrain (MNT)
- Utilisation de logiciels tels que Civil 3D ou Covadis.

VIII.3.2 Choix de méthode

Nous avons choisi la méthode des sections transversales (la méthode de la moyenne des aires). En raison de sa simplicité et donne des résultats plus proches de la réalité.
Afin de réduire l'erreur, nous ajoutons 10 % du volume total au volume obtenu.
La méthode est basée sur les éléments de tracé : profil en long et profil en travers.

VIII.3.3 La méthode de la moyenne des aires

La détermination des volumes des cubatures se fait en connaissant le volume entre deux profils en travers consécutifs p_1 et p_2.

On utilise la formule : $V=H*(S_1+S_2+4S_{moy})/6$

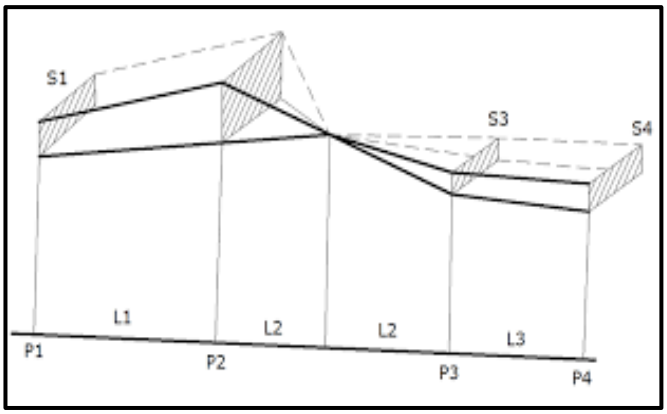
Avec : H : Hauteur entre les deux profils en m.

S_1 : La surface de p_1.

S_2 : La surface de p_2.

S_{moy} : La surface à mi-distance entre p_1 et p_2.

PF : Profil fictive.



gure 39 : La méthode de la moyenne des aires

VIII.4 APPLICATION

Afin de trouver le volume de terre entre les deux profils en travers successifs p_i et p_{i+1} de section s_i et s_{i+1}.

Pour une simple formule, on s'impose que $s_{moy} = (s_i + s_{i+1}) /2$

Alors : $V= L*(s_i + s_{i+1}) /2$

Entre p_1 et p_2 $V_1= L*(s_1 + s_2) /2$

Entre p_2 et p_F $V_2= L*(s_2 + s_{PF}) /2$

Entre p_F et p_3 $V_3= L*(s_{PF} + s_3) /2$

Entre p_3 et p_4 $V_4= L*(s_3 + s_4) /2$

Donc le volume totale $V_{total} =V_1+V_2+V_3+V_4$

VIII.5 CUBATURE DE NOTRE PROJET

Pour une meilleur précision les calculs est effectué par logiciel COVADIS On trouve

- Volume remblai : 2550021.3 m^3.
- Volume déblai : 0 m^3.

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX.1 INTRODUCTION

L'échangeur d'autoroute est une infrastructure ou un carrefour dénivelé qui Permet aux usagers de l'autoroute de passer d'un axe à un autre de niveaux différents par des bretelles.

IX.2 L'IMPORTANCE D'ECHANGEUR

L'échangeur qui situé au pk11 de la pénétrante Béjaia Ahnif est implanté de sorte à satisfaire le besoin de circulation des citoyens de la localité d'Oued Ghir et ceux du centre-ville de Béjaia, à savoir :

- Desservir le nouveau pôle urbain d'Ighzer Ouzarif et Sidi Boudrahem.
- De plus, considérant que les développements de la ville de Bejaia est dirigé vers l'Ouest, telles que la planification de la nouvelle ville d'Oued Ghir (actuellement il y a des résidents) et la zone industrielle d'EI Kseur, aussi, à l'avenir El Kseur – Oued Ghir - Bejaia vont contribuer au développement de l'économie régionale.



Figure 40 : localisation de l'échangeur

IX.3 TYPE D'ECHANGEUR

Échangeur majeur : c'est la jonction entre deux autoroutes.
Exemple : Trèfle complet et bifurcation.

Échangeur mineur : c'est la connexion entre une autoroute et route classique.
Exemple : Losange, Demi-trèfle, Trompette.

Dans notre cas l'échangeur a relié le carrefour de la RN12 à pénétrante Béjaia Ahnif à partir de là, nous choisissons l'échangeur mineur **Trompette.**

Voir annexes.

IX.4 CARACTÉRISTIQUES GEOMETRIQUES

Selon les normes de l'ICTAAL, ils décomposent en trois éléments : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

IX.4.1 Tracé en plan

Valeurs limites des rayons :

Tableau 52 : les paramètres géométriques du tracé en plan

	Valeur de rayon
Rmin	40
Première courbe en sortie	100
Rayon en boucle	≤60
Rnd	300

Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1<2R^2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées.

Raccordement progressif : Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur $Lc=\max(6R^{0.4}, 7\|\Delta\delta\|)$

Où :

R : le rayon de courbure (en m).

$\Delta\delta$: la différence des pentes transversales (en %).

IX.4.2 Profil en long

Les valeurs limites des caractéristiques du profil en long sont les suivantes :

Tableau 53: les paramètres géométriques du profil en long

Déclivité	Maximale	6%
	Minimale	0.5%
Les rayon	Rayon minimal en angle saillant (convexe)	Entre 300m et 1500m selon la vitesse de bretelle.
	Rayon minimal en angle rentrant (concave)	Entre 200m et 800m selon la vitesse de bretelle.

IX.4.3 Profil en travers

Les composants de profil en travers et leurs largeurs sont indiqués ci-dessous :

- La chaussée : 1 voie de 3.5m
- B.D.G : 2m
- B.A.U :2m
- BERME : 1.5m

IX.4.4 Pente transversale

Chaussée unidirectionnelle on parle de profil en seul dévers et les bandes dérasées : 2.5%.

Dans les courbes déversées :

2,5 % pour le rayon Rnd (300 m).

7 % pour Rnd (≤100 m).

IX.5 RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisée par :

IX.5.1 Bretelle d'entrée

- Section d'accélération : sa longueur dépend du rayon de la bretelle qui permettre au point de convergence E=1m de la vitesse de 55 km/h, avec une accélération en palier de 1 m/s^2.
- Section de manœuvre : longueur de 200 m et largeur de 3,50 m.
- Biseau : longueur de 75 m.

IX.5.2 Bretelle de sortie

- Section de manœuvre : est un biseau long de 150 m jusqu'à au point de divergence E=1 m.
- Section de décélération : la longueur qui permettre de passer de la vitesse conventionnelle à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de bretelle avec une décélération en palier de 1,5 m/s2.

IX.6 DISTANCE ENTRE DEUX POINTS D'ACCÈS

La distance entre point d'entrée au E=1,00 m et le point de sortie au plus tôt S=1,50 m doit être supérieure à 1 200 m.

CHAPITRE X : OUVRAGES D'ART

X.1 INTRODUCTION

Pour élaborer des routes, on fait face à plusieurs défis comme les oueds ou rivières, les vallées, les chemins de fer, les routes et les pistes.
Pour les franchir, on construit des ouvrages artificiels, qui portent le nom : Ouvrages d'Art.

X.2 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX D'UN OA "PONT"

Un Pont est constitué de :

Tablier : c'est la surface sur laquelle repose la voie de circulation.

Appuis (les culées les piles) : Les éléments qui supportent le tablier et qui permettent la transmission des efforts de l'ouvrage aux fondations.

Fondation : ce sont les éléments qui transmettre les efforts au sol support.

Chevêtre : Le sommier sur lequel repose le tablier.

Les équipements : Appareils d'appuis, Étanchéité Couches de roulement, Joints de chaussées & Joints de trottoir, Dispositifs de sécurité (barrière, glissière ou garde-corps), Corniches, Dispositifs d'évacuation des eaux et Trottoir.

X.3 DIFFÉRENTS TYPES DE PONTS

La SETRA a défini un catalogue très complet de ponts types dont les études ont pu être standardisées grâce au développement des moyens informatiques.
Les Ponts types du SETRA sont classés en 12 familles d'ouvrages :

Tableau 54 : Les types des OA

Type d'ouvrage	Abréviation
Passage inférieur en cadre fermé	PICF
Passage inférieur en portique ouvert	PIPO
Portique Ouvert Double	POD
Passage supérieur ou inférieur à poutres en béton armé	PSI-BA
Passage supérieur ou inférieur en dalle armée	PSI-DA
Passage supérieur ou inférieur en dalle élégie	PSI-DE
Passage supérieur ou inférieur en dalle précontrainte	PSI-DP
Passage supérieur ou inférieur en dalle nervurée	PSI-DN

Pont à poutrelles précontraintes par fil adhérent	PRAD
Viaduc à poutres précontraintes par post-tension	VIPP
Passage supérieur à béquilles	PS BQ
Passage supérieur ou inférieur à Ossature mixte	PSI OM

X.4 PONTS NON-COURANTS :

- Pont caisson en béton précontraint.
- Pont en dalle.
- Ponts caisson.
- Pont a poutres.
- Ponts à haubans
- Ponts suspendus

X.5 DOMAINES PRIVILÉGI

En fonction des protées des travées principales, de la géométrie de la brèche ou du tracé de l'ouvrage, certains types de structure ou certaines méthodes de construction peuvent être privilégiées.

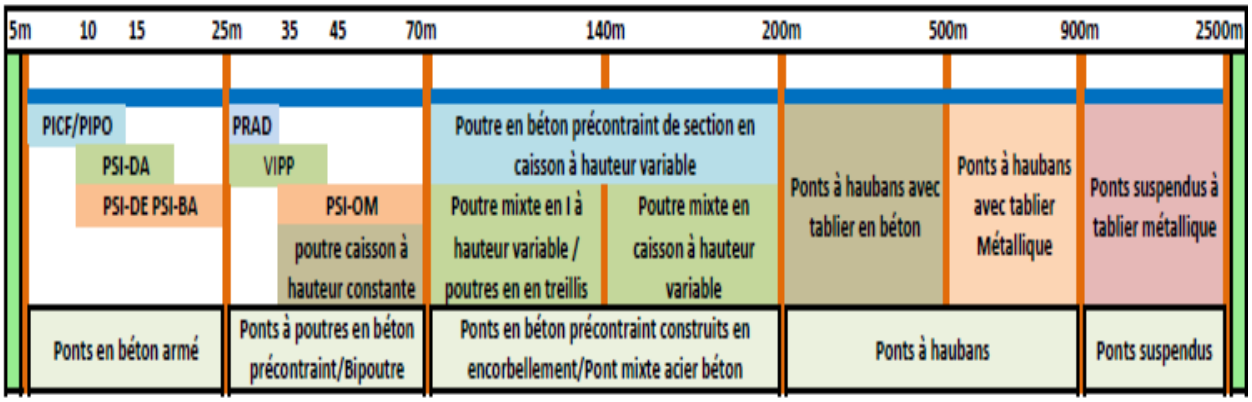


Figure 41 : type d'ouvrages en fonction de la travée

X.6 LES CARACTÉRISTIQUES DES OUVRAGES D'ARTS

Les ouvrages d'art sont prévus dans le tronçon de PK0+000 et 11+800 de la pénétrante de Béjaia à l'Autoroute Est-Ouest. Sont montré dans le tableau suivant :

Tableau 55: les ouvrages d'art de notre projet

Désignation	PK début	PK fin	Longueur (m)	Franchissement	Note
1	0+007	0+042	35	Connexion a la RN9	PI
3	0+484	0+510	26	Oléoduc	PI
4	0+650	0+850	200	Oued Soummam	Viaduc
5	1+764	1+795	31	Route	PI
6	2+338	2+368	30	Route	PI
7	3+032	3+047	15	Échangeur (RN9)	PI
8	3+400	3+550	150	Oued Soummam	Viaduc
9	4+050	4+250	200	Oued Soummam	Viaduc
10	5+581	5+616	35	RN75	PI
11	5+775	5+950	175	Oued Soummam	Viaduc
12	6+150	6+350	200	Oued Soummam	Viaduc
13	6+725	6+950	225	Oued Soummam	Viaduc
14	7+100	7+325	225	Oued Soummam	Viaduc
15	7+900	8+075	175	Oued Soummam	Viaduc
16	8+375	8+550	175	Oued Soummam	Viaduc
17	8+750	8+875	125	Oued Soummam	Viaduc
18	9+114	9+155	41	Oléoduc	PI

X.7 DESCRIPTION SUR UN OUVRAGE

On prend comme un exemple l'ouvrage OA 8/3

X.7.1 Localisation de l'ouvrage

Le viaduc est situé sur le tracé de la pénétrante autoroutière reliant le port de Bejaïa à l'autoroute A2 au niveau d'Ahnif. Ce pont franchit l'oued Soummam entre PK 8+750 et PK 8+875 il se trouve à proximité de la RN12 plus précisément dans la zone d'Oued Ghir aux coordonnées géographiques 36°42'29.8"N 5°00'10.4"E.



Figure 42: localisation du viaduc



Figure 43: les travaux sur l'ouvrage

X.7.2 Contraintes générales de conception

- Catégorie de pont (largeur de la chaussée >7m) : classe 1
- Surcharges prévues : charges civiles routières A et B, Convoi exceptionnel type D240, Convoi militaire Mc120
- Vitesse projetée : 110km/h

X.7.3 Principaux matériaux

Le tableau suivant présente les différents matériaux utilisés dans la construction de ce pont et mentionne certaines de leurs caractéristiques.

Tableau 56:matériaux utilise

Béton	Acier
Béton fc28 = 40 MPa : Poutres en T précontraintes préfabriquées.	Module de déformation élastique $E_s = 2.0\times10^5$ MPa Poids volumique $\gamma=7850kg/m^3$
Béton fc28 = 40 MPa : Tablier en béton armé coulé en place.	Acier tors : aciers de nuance B500B, NF A35-016
Béton fc28 = 30 MPa : Culées, piles, chevêtres, pieux de fondation.	Treillis soudé : aciers de nuance B500B, NF A35-016
Béton fc28 = 30 MPa : Barrières et supports de barrières, trottoir et autres éléments.	Poids volumique $\gamma=7850kg/m^3$
Poids propre du béton 25 kN/m3.	Les câbles de précontraint 9T15
Enrobage superstructure : 3cm Enrobage Infrastructure : 7cm	La résistance à la traction fp=1860Mpa

Note :

La nuance B500B : La première lettre 'B' signifie qu'il s'agit d'un acier pour béton, elle est suivie de la limite élastique en MPa et de la classe de ductilité

X.7.4 Présentation de l'ouvrage

Type d'ouvrage : pont à poutres
Fonction principale : pont routier
Longueur totale : 125m.
Travées : 4 travées de 31.25m.
La chaussée :

- Les voies : 2*3voies avec 3.5m par voie.
- Accotement : 3m
- B.D.G :1.25m

Type de superstructure : poutres béton précontraint
Type fondations : fondations sur pieux profondes.

Figure 44: vue en plan d'ouvrage

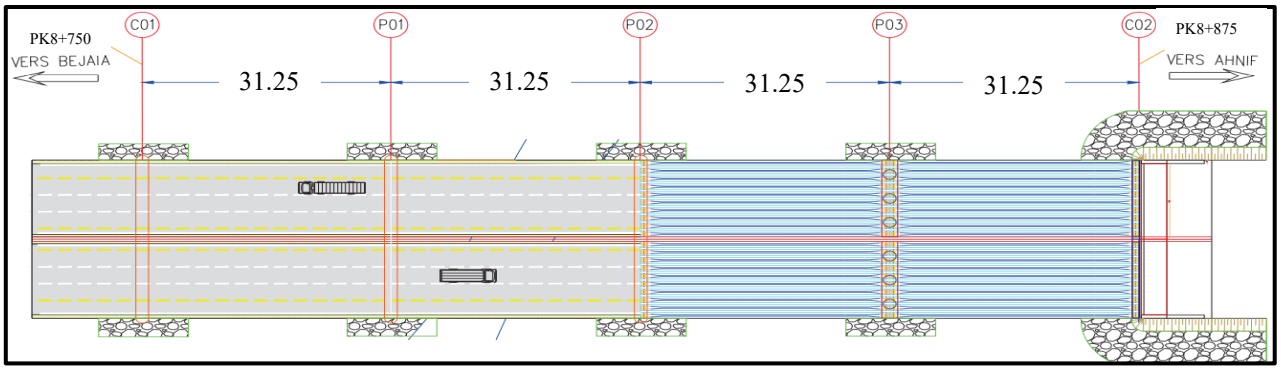


Figure 45:coupe longitudinale

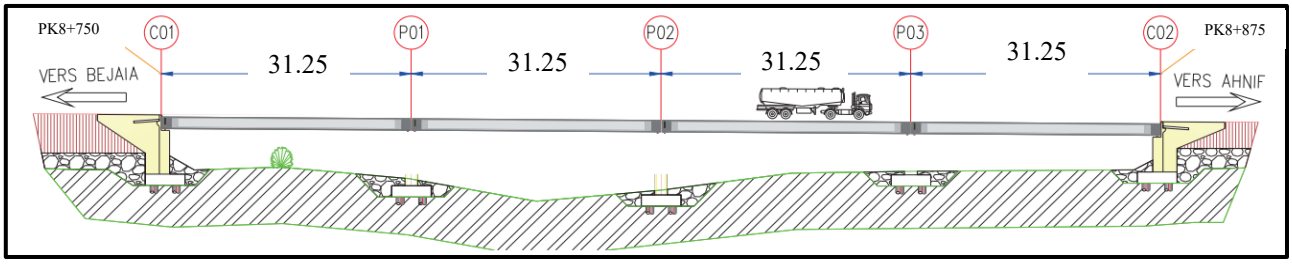
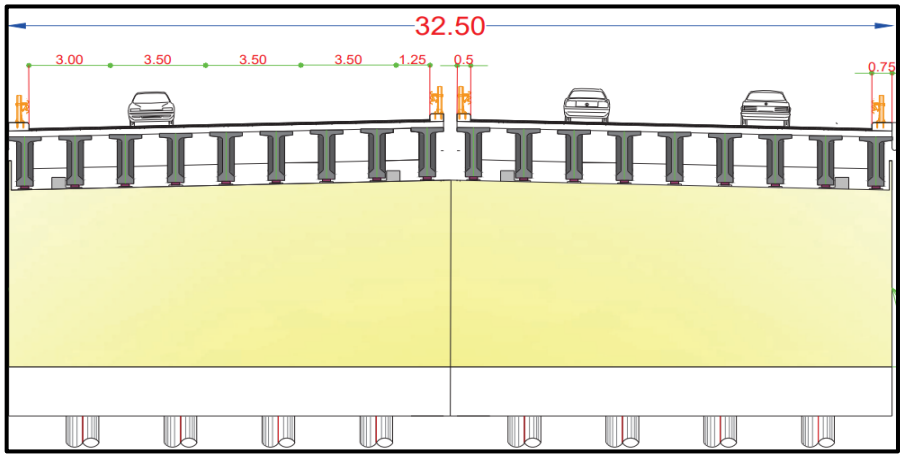


Figure 46: coupe transversale sur culée



X.8 CONCLUSION

Les ouvrages d'art qui situés dans la pénétrante autoroutière de Bejaïa sont des infrastructures stratégiques pour la région, qui assurent la continuité de la pénétrante en traversant l'oued Soummam et les autres obstacles.

CHAPITRE XI : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XI.1 DÉFINITION

L'évaluation d'impact environnemental (EIE) est une procédure de planification, d'identification et d'évaluation des risques environnementaux associés à un projet projeté.

Elle définit les actions qui peuvent être mises en œuvre pour lutter contre les impacts environnementaux indésirables.

L'EIE est une démarche proactive de protection et de gestion de l'environnement coordonnée par LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA QUALITÉ DE LA VIE.

XI.1.1 Objectif de EIE

- Identifie les impacts environnementaux négatifs qui pourraient se produire au cours de la durée de vie du projet d'aménagement proposé.
- Donnent lieu à une conception de projet plus durable.
- Garantir que les impacts environnementaux, socioéconomiques et sur la santé humaine sont considérés.
- Se perfectionner la qualité de l'air par la gestion des émissions produites par les projets.

XI.2 ENVIRONNEMENT DU BEJAÏA

La wilaya se distingue par sa diversité géographique et écologique, ce qui soulève un environnement très riche et diversifié.

XI.2.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la wilaya de Béjaïa est dominé par l'Oued Soummam, le principal cours d'eau de la région, qui la traverse d'ouest en est avant de se déverser dans la Méditerranée. Principalement nourri par les précipitations, il affiche un flux irrégulier avec des dangers d'inondations durant l'hiver et des phases de débit réduit en été.
Le réseau est essentiel pour l'irrigation, la distribution d'eau potable et il favorise une riche biodiversité dans la région.

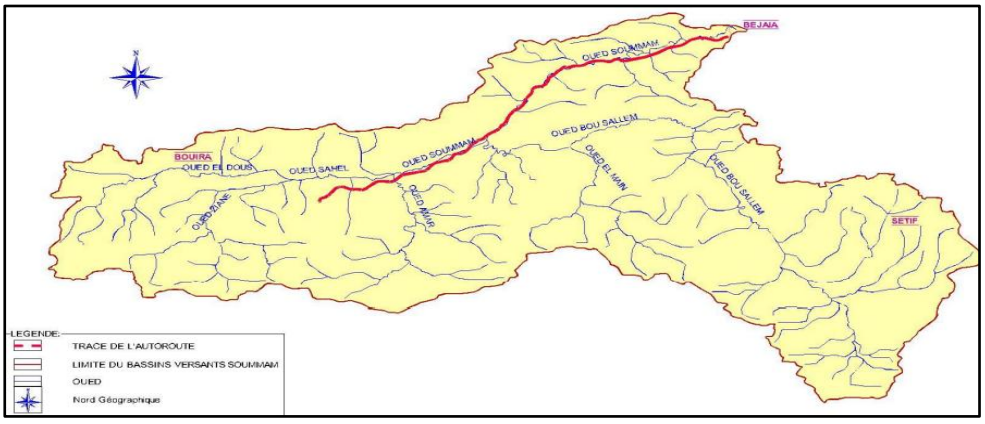


Figure 47 : le réseau hydrographique du Béjaia

XI.2.2 La faune et la flore

La région de Béjaïa se distingue par la richesse de sa faune et de sa flore, due à la variété des habitats naturels qui allient mer, montagnes et vallées. Les zones montagneuses sont dominées par des forêts de chênes-lièges, de pins d'Alep et de cèdres de l'Atlas, tandis que la basse altitude est caractérisée par des maquis, des oliveraies et une végétation méditerranéenne. En ce qui concerne la faune, on y retrouve plusieurs espèces représentatives comme le singe magot (ou macaque berbère), espèce protégée qui habite principalement le parc national de Gouraya. On note également la présence de sangliers, chacals, renards, genettes et une variété d'oiseaux de proie tels que l'aigle de Bonelli et le faucon pèlerin.

XI.2.2.1 Les montagnes

La wilaya de Béjaïa est située entre les grands massifs du Djurdjura, des Bibans et des Babors, les 3268 km^2 de la région sont répartis avec une grande diversité en ce qui concerne son relief et ses ressources.

La verdure occupe environ 32000 hectares de la surface totale de la région, les forêts sont assez denses, elles occupent la majeure partie du territoire car elles ont à elles seules 122500 ha soit 38 % de la superficie totale de la wilaya.

Le fait qu'il y ait une multitude de montagnes dans la région fait que les villages soient cachés dans les vallées et les plaines de la côte, en effet, elles occupent plus de la moitié du territoire.

On trouve :

- **Le massif du Djurdjura :** qui s'étend sur une partie de la wilaya de Béjaïa, est inclus dans la chaîne de l'Atlas Tellien, cette partie du Djurdjura se distingue par ses hautes montagnes impressionnantes, ses panoramas luxuriants et sa biodiversité exceptionnelle.
  On y trouve plusieurs sommets imposants, notamment : Le Pic des Singes (1638 m).

- **Le massif du Bouhatem :** Il est localisé dans la partie nord-ouest de la wilaya de Béjaïa, entre les vallées de Soummam et d'Agrioun, sa majeure partie se déploie sur les communes de Tazmalt, Aït Rzine, Chellata et Akbou.
  Ce massif est marqué par des montagnes à la topographie accidentée, notamment : Le mont Bouhatem (1780 m).

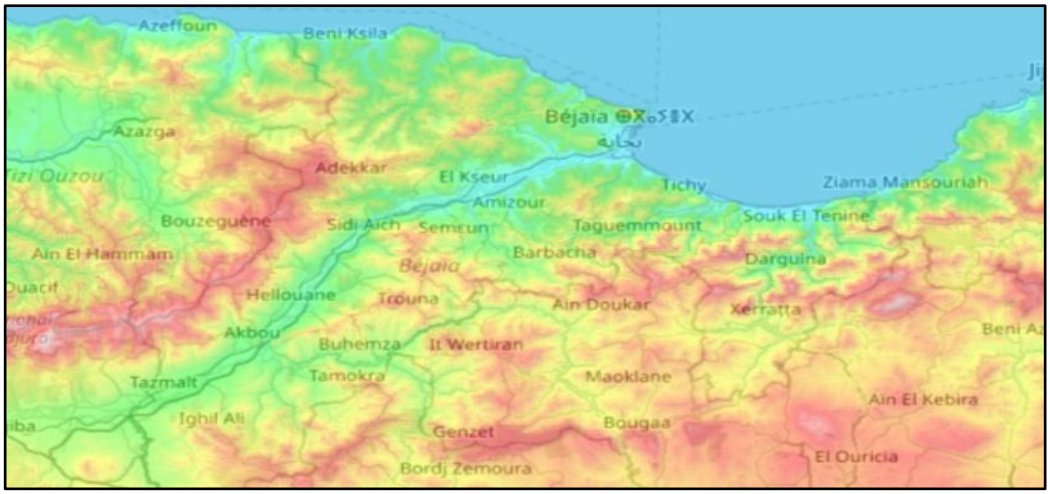


Figure 48 : Carte topographique Béjaïa

XI.3 ÉVALUATION DES IMPACTS

L'évaluation des effets environnementaux du projet repose principalement sur l'appréciation de l'intensité, de la portée et de la durée de l'impact anticipé, qu'il soit favorable ou défavorable.

- **Intensité de l'impact :** Elle indique l'importance proportionnelle des conséquences découlant de la modification d'un impact.

  Elle prend en compte la valeur de l'impact tant du point de vue de sa valeur écosystémique que de sa valeur socio-économique, elle prend aussi en considération l'étendue des modifications effectuées sur les caractéristiques structurelles et fonctionnelles de celle-ci.

- **Portée de l'impact :** L'amplitude de l'impact indique l'étendue ou la portée spatiale des effets produits par une action sur l'environnement.

  Ce concept se rapporte soit à une distance ou à une surface où les changements apportés à un élément seront perceptibles, soit à la fraction d'une population qui sera affectée par ces changements.

- **Durée de l'impact :** L'impact détermine sa portée temporelle, c'est-à-dire la durée pendant laquelle les changements apportés à un élément seront ressentis.

XI.4 DÉTERMINATION DES IMPACTS DU PROJET

La réalisation de l'autoroute se fera principalement sur des terres agricoles permanentes, dans des zones cultivées et parfois forestières.

Cette autoroute passera par des oueds, des voies routières et ferroviaires et a certains endroits, elle s'approche de quelques habitats isolés.

La mise en place et l'utilisation de l'autoroute entraînera des conséquences sur les environnements humain et biologique.

XI.4.1 Impact dû aux perturbations de circulation

Le déplacement des matériels pourrait occasionner des interruptions temporaires de la circulation routière et pourrait causer des incidents de circulation.

Les effets anticipés associés au déplacement des matériels et à la circulation entraîneront des répercussions sur le sol et l'atmosphère.

Lors de l'étape de dégagement de voie, que ce soit par le nivellement ou la mise en place de la plateforme, le réseau routier existant sollicité risque fortement d'être perturbé par les manœuvres tournantes des engins et cela est d'autant plus vrai que la pénétrante traverse une zone fortement urbanisée et industrialisée.

Ces perturbations peuvent être amplifiées par les dangers de déversement de la boue, les mares d'huile et d'autres substances, cela pourrait accroître les risques d'accidents tout en atténuant partiellement les encombrements.

XI.4.2 Impact dû à la pollution de l'air

Pour prévenir la contamination par certains polluants près des résidences, il est possible de limiter le relâchement de poussières sur les lieux de construction.

Durant la phase de construction, la qualité de l'air sera affectée par une forte présence de poussière générée principalement par les activités de terrassement et les déplacements des machines de chantier.

Ces particules auront un impact sur la qualité de l'air ambiant, entraînant :

- Une réduction de la visibilité.
- Un dépôt des poussières sur les zones adjacentes aux sites.

XI.4.3 Impact sur les ressources hydriques

Les diverses étapes nécessaires à l'édification de la pénétrante de Bejaïa (le défrichage, l'extraction des racines, le nivelage, le terrassement, la construction de remblais et déblais, ainsi que celle de ponts et ponceaux) peuvent toutes engendrer des impacts pouvant causer une détérioration temporaire de la qualité de l'eau.

Il convient aussi de noter les dangers liés à une éventuelle fuite d'hydrocarbures due à l'installation de machines sur les lieux.

Tous ces éléments peuvent provoquer une détérioration passagère de la qualité des eaux en aval des zones de chantier par la suspension de sédiments fins dans les rivières, ce qui entraîne une élévation du taux de turbidité.

XI.4.4 Impacts sur la flore et la faune

La suppression de la végétation représente un obstacle pour la circulation de la faune, engendrant des conditions propices à l'appauvrissement génétique des populations isolées.

Cette conséquence est associée à la mise en place du projet dans une zone essentielle pour les animaux, ou dans leur espace fonctionnel, les forçant donc à chercher des environnements aussi favorables que leur habitat d'origine.

XI.5 MESURES DE MITIGATION DES IMPACTS

Cette section de l'évaluation d'impact se penchera sur les mesures prévues pour contrôler, atténuer et compenser les effets néfastes du projet, afin qu'il soit mené avec un souci optimal de respect et d'intégration dans son futur environnement.

XI.5.1 Mesures concernant la pollution sonore

Le bruit sur les sites de construction requiert une vigilance accrue de la part des travailleurs. L'emploi de protections auditives est conseillé, en recourant à des moyens de protection individuelle tels que les dispositifs d'atténuation du bruit, si cette condition n'est pas suivie, la durée d'exposition doit être diminuée.

XI.5.2 Mesures concernant la pollution atmosphérique

L'usage des terrasses, le déplacement des équipements et la gestion des déchets sont les principales sources de pollution atmosphérique durant les travaux de construction. Afin d'atténuer ces perturbations, les entrepreneurs sont tenus de veiller à la qualité de l'air en diminuant la pollution sonore.

On peut y parvenir en identifiant les lieux appropriés pour les stations de concassage, tamisage tout en veillant à ce que leur position ne nuit pas aux riverains.

De plus, il est essentiel de maintenir des voies de circulation ainsi que des zones de stationnement exemptes de déchets.

XI.5.3 Mesures relatives à l'eau

Pour préserver nos ressources hydriques pendant les travaux et prévenir toute pollution, il est nécessaire de mettre en place diverses actions préventives et correctives. Il est crucial de rendre les fossés et la plateforme étanches afin de prévenir l'infiltration d'eaux polluées dans le sol. Il est aussi essentiel de capter les eaux de ruissellement riches en sédiments grâce à des systèmes de collecte, pour empêcher leur dissémination dans l'environnement.
Il faut absolument interdire le ravitaillement et la maintenance des machines près des cours d'eau afin d'éviter toute éventualité de pollution par les hydrocarbures ou d'autres matières nuisibles. L'établissement de bassins pour le traitement des eaux de chaussée facilite l'élimination des polluants avant leur déversement.

XI.5.4 Mesures relatives à la faune et la flore

Pour minimiser le risque de mortalité animale lors de la construction de l'autoroute, l'installation de barrières spécifiques à l'emplacement autorisé est conseillée pour dissuader les animaux d'emprunter les voies établies et prévenir ainsi les collisions.

Ces barrières doivent être étroitement associées aux corridors fauniques, assumant un rôle déterminant dans la direction des animaux vers les lieux de passage.

Ils devraient être idéalement associés aux structures hydrauliques et aux plantations afin de préserver la cohérence avec l'environnement et d'encourager l'approche des animaux.

XI.6 CONCLUSION

Il est essentiel d'adopter une démarche durable lors de l'édification d'infrastructures dans les zones agricoles, tout en considérant les impacts sur l'environnement.

Cela signifie qu'il est nécessaire d'adopter des actions préventives afin de réduire la diminution des terres agricoles, d'appliquer des méthodes de construction écologiques et de travailler conjointement avec les intervenants pour assurer une gestion responsable des effets sur l'environnement.

Cette méthode favorise l'expansion des infrastructures tout en protégeant l'écosystème et en assurant la pérennité sur le long terme.

CHAPITRE XII : SIGNALISATION ROUTIÈRE

Références réglementaires

- Décret exécutif n° 04-381 du 15 Chaoual 1425 correspondant au 28 novembre 2004 fixant les règles de la circulation routière.

- Loi n° 01-14 du 19/08/2001 relative à l'organisation, la sécurité et la police de la sécurité routière

- Arrêté du 30 septembre 1965 relatif au bilinguisme de la signalisation routière, cet arrêté stipule que la signalisation doit être en arabe et en français, assurant ainsi une compréhension par l'ensemble des usagers.

- Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974 qui a validé l'Instruction interministérielle concernant la signalisation routière.

XII.1 INTRODUCTION

La signalisation routière se réfère à tous les signaux normalisés placés sur le réseau routier et ayant pour but de garantir la sécurité des conducteurs. Elle les informe des risques et des règles concernant la circulation, ainsi que des facteurs importants pour leur prise de décision, ou encore leur fournit des repères et équipements nécessaires à leurs déplacements.

La signalisation doit être cohérente, ininterrompue et uniforme pour éviter d'épuiser l'attention des usagers par une utilisation excessive de signaux.

Au fur et à mesure que le trafic s'intensifie et que la vitesse des véhicules s'accroît, l'importance de la signalisation routière ne cesse de croître.

L'efficacité de la signalisation routière doit résulter des principes suivants :

- L'usager qui parcourt une longue distance doit rencontrer dans des conditions uniformes, des signaux de valeur et portée équivalentes établis selon les mêmes normes.

- Pour préserver la cohérence de la signalisation, il est prohibé d'utiliser des signaux d'autres types ou modèles que ceux spécifiés dans les directives algériennes.

- L'usager, confronté à un excès de signaux routiers, voit son attention s'épuiser et tend ainsi à négliger les instructions qui lui sont fournies.

- Pour maintenir sa pertinence, la signalisation doit être non seulement uniforme, continue et homogène, mais également.

XII.1.1 Objectif de la signalisation routière

- Améliorer la sécurité de la circulation routière et de faciliter cette dernière.
- Donné des informations relatives à l'usager de la route.
- Guider les usagers de la route dans leurs déplacements.
- Réduire les accidents et guider les usages.

XII.2 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

XII.2.1 Catégories de signaux

Les différentes signalisations se répartissent en trois catégories :

- **Signaux d'avertissement de danger** (type A).
- **Signaux de réglementation**, se subdivisant en :
    1. Signaux de priorité (type B)
    2. Signaux d'interdiction ou de restriction (type C)
    3. Signaux d'obligation (type D).
- **Signaux d'indication** (type E), se subdivisant en :
    1. Signaux d'identification des routes.
    2. Signaux de présignalisation.
    3. Signaux de direction.
    4. Signaux de localisation.
    5. Signaux de confirmation.
    6. Autres signaux donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules.
    7. Autres signaux indiquant des installations qui peuvent être utiles aux usagers de la route (type F).

XII.2.2 Forme des Signaux

Les formes de signaux, qui varient pour chacune des trois catégories, sont les suivantes :

- **Signaux de danger :** forme en triangle.
- **Signaux de régulation, sauf pour les signaux de priorité :** forme ronde. Chaque cas a une forme spécifique de signaux de priorité qui lui est adaptée.
- **Signaux indicateurs :** forme générale rectangulaire, bien que certains signaux directionnels soient composés de rectangles pointus en forme de flèche.

XII.2.3 Nature et modèle des signaux

Afin d'assurer une uniformité rigoureuse des signaux permanents, ils doivent être fournis exclusivement par des sociétés autorisées par le ministre des Travaux Publics et de la Construction, et réalisés conformément à des modèles également agréés.

Cette exigence concerne tous les signaux permanents prévus pour être installés sur tout le réseau routier et à l'intérieur des zones urbaines.

Bien que les signaux permanents doivent être fabriqués à partir de matériaux durables, les signaux temporaires, comme ceux utilisés sur les chantiers, peuvent être composés de matériaux moins robustes qui présentent l'avantage d'être plus légers et moins coûteux.

XII.2.4 Implantation des signaux

Même si, dans certaines situations, un usager pourrait percevoir plus facilement un signal s'il est positionné à sa gauche (comme lors d'un virage à droite), les signaux doivent et à moins de circonstances exceptionnelles, être placés sur la droite de la route selon le sens de circulation.

Ils doivent être pratiquement perpendiculaires à l'axe de la route, et nous devons nous attacher à positionner leur installation de manière que le reflet des lumières sur la surface du panneau ne soit pas dérangeant.

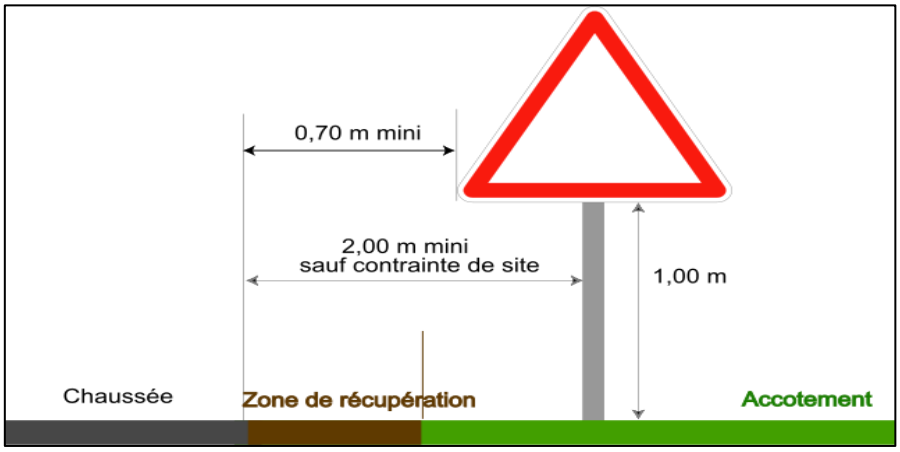


Figure 49 : les normes d'implantation des signaux

XII.2.5 Hauteur des signaux

La hauteur des panneaux au-dessus du sol correspond à la partie inférieure du signal par rapport au niveau du logement ou du trottoir, et non à la surface du sol.

En zone rurale, la hauteur réglementaire est généralement de 1 m, mais dans certains cas, comme dans les parkings, une hauteur inférieure peut être nécessaire pour éviter de gêner la circulation.

Des panneaux temporaires peuvent également être autorisés. Si deux panneaux sont placés sur le même support, la hauteur inférieure du signal est utilisée.

Dans les zones suburbaines équipées d'un éclairage public, les panneaux peuvent être placés à une hauteur différente, jusqu'à 2,30 m, pour des raisons de signalisation de danger, de masquage des véhicules et de circulation piétonne.

XII.2.6 Éclairage des signaux pendant la nuit

La signalisation doit être conçue pour être efficace aussi bien de jour que de nuit, dans des zones dégagées, la taille des signaux et l'utilisation possible de systèmes réfléchissants ou de revêtements lumineux sont organisées de manière à garantir une visibilité adéquate aux signaux, lorsqu'ils sont exposés aux phares routiers ou de croisement des véhicules à moteur.

Dans les traversées équipées de l'éclairage public, il peut être bénéfique d'équiper les signaux d'un éclairage dédié pour assurer leur visibilité.

Les modes de signaux lumineux, qu'ils soient obtenus par transparence, réflexion ou autre procédé, doivent recevoir l'approbation du ministre des Travaux Publics et de la Construction.

Peu importe le système d'éclairage utilisé, les signaux doivent toujours, de jour comme de nuit, respecter les normes établies par cette directive concernant leur forme, leurs couleurs et leurs tailles.

XII.3 TYPES DE SIGNALISATION

La signalisation routière s'appuie sur des éléments indicatifs disposés de manière permanente ou temporaire sur la route : panneaux, feux de circulation, marquage au sol...

On classe ces appareils en trois principales catégories :

XII.3.1 La signalisation verticale

Les panneaux placés le long des routes sont désignés par le terme signalisation verticale.

Ils peuvent adopter diverses formes, chacune portant une signification spécifique.

Ce genre de signalisation s'acquitte de trois fonctions essentielles :

- Signaler les risques à l'aide de panneaux en forme de triangle.
- Indiquer une interdiction ou une obligation grâce aux panneaux circulaires.
- Fournir des instructions et des renseignements pendant un voyage.

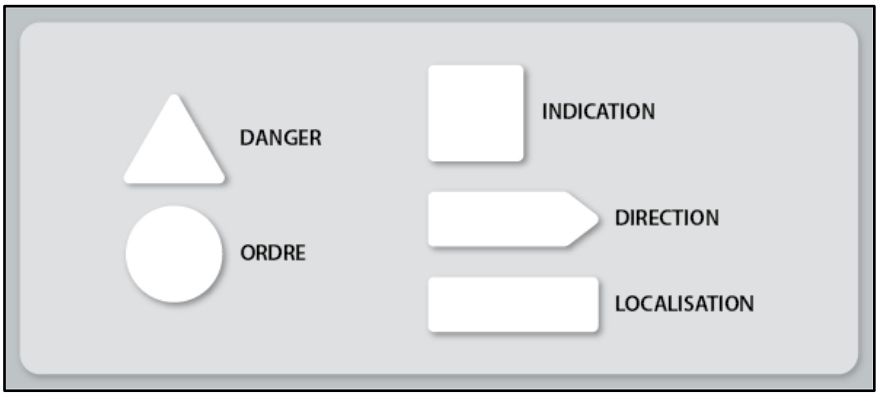


Figure 50 : La signalisation verticale

XII.3.2 La signalisation horizontale

Le marquage au sol comprend l'ensemble des informations présentes directement sur la chaussée.

Elle comprend les lignes, les flèches, les indications de voies spécialisées et quelques marquages spécifiques et qui délivrent des informations utiles comme :

- Les lignes médianes, qui peuvent être continues ou discontinues, et qui permettent de séparer les différentes voies de circulation.
- Les lignes de rives, qui créent une démarcation entre l'accotement et la chaussée.
- Les flèches, qui permettent d'indiquer les directions associées à chaque voie de circulation.
- Les lignes transversales, qui indiquent où céder le passage (STOP, Cédez-le-passage, feux tricolores), où traverser (passages piétons).

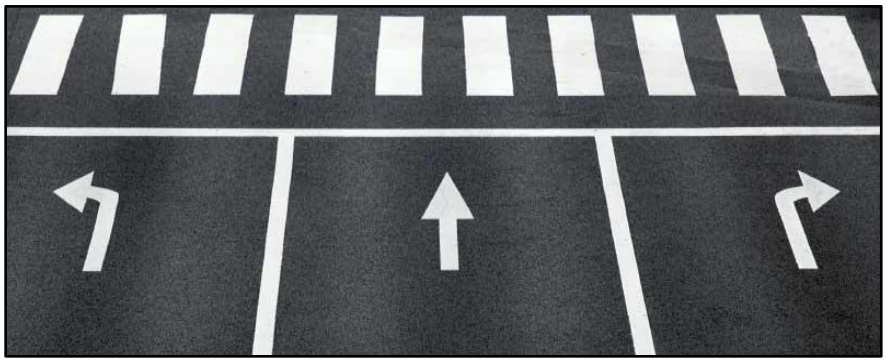


Figure 51 : Signalisation horizontale

XII.3.3 Signalisation temporaire

La signalisation temporaire est mise en œuvre pour réguler des circonstances particulières telles que les chantiers, les accidents ou des occurrences occasionnelles qui entravent le trafic. On la distingue par sa couleur jaune, on distingue trois catégories de signalisation temporaire :

- **Le panneau temporaire jaune :** qui peut indiquer une restriction de vitesse, un détournement ou une interdiction d'accès.

- **Le marquage de sol temporaire :** qui altère la route ou spécifie un nouvel itinéraire piéton.

- **Un feu tricolore mobile :** qui autorise la régulation alternée du trafic lors de travaux ou d'obstructions partielles de voie.

La signalisation temporaire a toujours préséance sur la signalisation permanente.



Figure 53 : Signalisation temporaire

XII.4 CONCLUSION

La signalisation routière, qu'elle soit de type vertical, horizontal ou temporaire, est indispensable pour garantir la sécurité et le bon déroulement des trajets.

Diverses sortes de panneaux et de marquages assurent la sécurité des usagers de la route en facilitant le respect des règles et directives indiquées.

Il est donc essentiel pour un conducteur de comprendre et de connaître cette signalisation afin d'assurer sa sécurité ainsi que celle des autres usagers.

CHAPITRES XIII : DEVIS QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE

XIII.5 INTRODUCTION

Les coûts du projet comprennent les coûts de construction et les différents éléments de la route. La définition des prix unitaires des travaux s'est effectuée sur la base d'une analyse comparative des bordereaux de prix unitaires d'entreprises adjudicataires de Marchés de Travaux Publics de même envergure que la réalisation de la pénétrante de Béjaia et dans le même environnement géographique.

XIII.5.1 Objectifs

- Élaborer une analyse budgétaire.
- Déterminer les quantités de travaux.
- Donnez un coût prévisionnel du projet.

XIII.6 MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION

Afin d'estimer les coûts du projet, nous nous appuyons sur plusieurs éléments :

- Les plans DEX et APD.
- Les profils en travers et en long.
- Les travaux (terrassements, assainissement, chaussée et ouvrages d'art…).
- Liste des prix unitaires.
- TVA et les taxes.

XIII.7 CALCUL DU DEVIS ESTIMATIF

Coût de chaque article = (Quantité* Prix unitaire) ou forfaitaire.
Somme des coûts de chaque article → Coût par poste.
Somme des postes → Coût total prévisionnel du projet.

XIII.8 PRÉSENTATION DU DEVIS

Le tableau ci-après résume par poste les coûts de construction de la variante retenue :

Tableau 57 : Devis du projet

	Désignation des travaux	Unité U	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
1.logistique du chantier	Installation du chantier	Forfait	1	10 000 000.00	10 000 000.00
	Étude d'exécution	Km	11	23 000 000.00	253 000 000.00
263 000 000.00					
2.travaux préparation	Préparation de terrain	m2	363000	900.00	326 700 000.00
	Expropriation	m2	66 354.00	4 000.00	265 416 000.00
326 700 000.00					
3.Terrassements	La purge de 1m	m3	363000	600.00	217 800 000.00
	remblai y compris transport	m3	2550021.3	900.00	2 295 019 170.00
2 512 819 170.00					
4.Corps de chaussée	Couche de forme (60cm GNT)	m3	183178.4	1 300.00	238 131 920.00
	Couche de fondation (GB)	m3	86035.1	12 000.00	1 032 421 200.00
	Couche de roulement (BB)	m3	28024.6	20 000.00	560 492 000.00
TVC	TVC	m3	25955.4	3 500.00	90843900
1 361 397 020.00					
5.Assainissement	Dalots	m3	1064	65 000.00	69 160 000.00
	Fossés	ml	20000	7 500.00	150 000 000.00
219 160 000.00					
6.Echangeur	Echangeur	Forfait	1		1 200 000 000.00
1 200 000 000.00					
7.Ouvrage d'art	Ouvrage d'art	ml	1530	650 000.00	994 500 000.00
994 500 000.00					
8.Impact sur l'environnement	Impact sur L'environnement	Forfait	1		80 000 000.00
80 000 000.00					
9.Signalisation et equipement routiers	Marquage par hachures	m2	450	450.00	202 500.00
	Marquage en ligne continues(U=18cm)	ml	24000	140.00	3 360 000.00
	marquage en ligne discontinues	ml	25000	150.00	3 750 000.00
	Flèches de direction	U	30	1 300.00	39 000.00
	Panneaux	U	80	10 000.00	800 000.00
	Eclairage	U	650	85 000.00	55 250 000.00
63 401 500.00					
10.Separateur	Séparateur en béton armé	ml	33000	7 500.00	247 500 000.00
247 500 000.00					
11.Controle	bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	1		60 000 000.00
60 000 000.00					
total					7 328 477 690.00
TVA(19%)					1 392 410 761.10
TTC					8 720 888 451.10

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail de fin d'études s'inscrit dans le cadre d'une 'étude Avant-Projet Détaillé (APD) d'un tronçon autoroutier de la pénétrante de Béjaïa. Il a eu pour principal objectif la recherche d'une solution technique, économique et durable visant à améliorer la fluidité du trafic — notamment celui des marchandises — depuis le port de Béjaïa vers les grands axes du pays.

Ce projet nous a permis de mettre en pratique les compétences acquises tout au long de notre formation à l'ENSTP, ainsi que celles développées lors de nos stages professionnels. Il a renforcé notre capacité à travailler en équipe, à prendre des décisions techniques fondées et à collaborer efficacement avec les différents acteurs du projet.

Nous avons également eu l'opportunité de nous familiariser avec plusieurs outils et logiciels professionnels tels que Covadis, Global Mapper et Slide, tout en appliquant les normes techniques de l'ICTAAL.

En somme, ce travail représente une étape essentielle dans notre transition vers la vie professionnelle, marquée par la prise de responsabilités et les défis constants du domaine des travaux publics.

BIBLIOGRAPHIE

1) Les normes

- B40 (normes techniques d'aménagement des routes).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1, 2,3, (C.T.T.P), Novembre 2001.
- Guide Des Études de Trafic Interurbain mai 1992.
- Guide_etude_realisation_remblais_sols_compressible_Novembre 2000.
- ICTAAL : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, 12 décembre 2000.
- Normes SÉTRA (Service d'Études techniques des routes et autoroutes) : Guide technique – Assainissement routier en date d'octobre 2006.
- Normes SÉTRA (Service d'Études techniques des routes et autoroutes) : Guide technique du drainage routier (Mars 2006).
- Normes SÉTRA : conception-géométrique-route, Janvier 2006.
- Réalisation-des-remblais-et-des-couches-de-forme : GTR.
- Route tome 1 et 2 Michel Faure.
- RPA-2024.
- Signalisation-routiere-en-algerie.
- TOUS LES ESSAIS DANS LE GENIE CIVIL.

2) Les mémoires

- Mémoire de BOUALOUACHE AHMED ANIS.
- Mémoire de CHERIET AYMEN MIZOUNI et HASSIKA CHOUAIB.

3) Site internet

- https://www.ornikar.com/code/cours#la-signalisation-routiere.
- https://g-mind.fr/quels-sont-les-impacts-environnementaux-du-transport-routier-et-comment-les-reduire/.
- https://www.frpa.fr/actualite/routes-ecologiques.
- https://www.envirolex.fr/chantiers-routiers-une-pression-silencieuse-environnementale/.
- https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/egl/environnement/content/etude_d_impact_environnemental.html.
- Wikipédia.
- SCRIBD.

ANNEXES

Axe En Plan

Nom du dessin	listing axe en plan
Nom de l'axe	axe en plan
Table associée	ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	201.35gr	697,570	0,000	685438,642	4067599,465
Arc 1	Rayon	1500.000 m	266,672	697,570	685423,872	4066902,051
	Centre X	686923.535 m				
	Centre Y	4066870.291 m				
Droite 2	Gisement	190.03gr	267,562	964,242	685441,892	4066636,341
Clothoïde 1	Paramètre	-233,333	77,778	1231,804	685483,623	4066372,053
Arc 2	Rayon	-700.000 m	959,903	1309,582	685494,327	4066295,026
	Centre X	684797.898 m				
	Centre Y	4066224.411 m				
Clothoïde 2	Paramètre	233,333	77,778	2269,485	685005,135	4065555,791
Droite 3	Gisement	284.40gr	145,420	2347,263	684930,053	4065535,534
Arc 3	Rayon	-1400.000 m	644,424	2492,682	684788,976	4065500,261
	Centre X	684449.394 m				
	Centre Y	4066858.453 m				
Droite 4	Gisement	313.71gr	9,434	3137,106	684150,296	4065490,775
Clothoïde 3	Paramètre	233,333	77,778	3142,804	684139,276	4065484,757
Arc 4	Rayon	700.000 m	660,722	3146,540	684141,081	4065492,791
	Centre X	683991.532 m				
	Centre Y	4064808.952 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-233,333	77,778	3816,257	68313,467	4065235,274
Droite 5	Gisement	253.62gr	60,160	3807,262	683525,460	4065331,233
Arc 5	Rayon	-1200.000 m	611,343	3867,422	683480,574	4065291,177
	Centre X	682681.594 m				
	Centre Y	4066186.516 m				
Droite 6	Gisement	286.05gr	25,986	4478,765	682942,457	4065015,213
Clothoïde 5	Paramètre	233,333	77,778	4486,745	682950,446	4065083,275
Arc 6	Rayon	800.000 m	572,800	4504,751	682917,092	4065009,564
	Centre X	683091.001 m				
	Centre Y	4064228.695 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-233,333	77,778	5085,542	682485,248	4064750,678
Droite 7	Gisement	240.47gr	54,688	5077,551	682447,257	4064703,663
Arc 7	Rayon	-1200.000 m	881,625	5132,238	682414,789	4064659,657
	Centre X	681449.173 m				
	Centre Y	4065372.108 m				
Droite 8	Gisement	287.24gr	544,370	6013,864	681688,103	4064196,135
Arc 8	Rayon	-1000.000 m	364,015	6558,234	681154,632	4064087,747
	Centre X	680955.524 m				
	Centre Y	4065067.725 m				
Droite 9	Gisement	310.41gr	1879,742	6922,249	680792,685	4064081,072
Arc 9	Rayon	1300.000 m	736,918	8801,991	678938,033	4064387,168
	Centre X	678726.341 m				
	Centre Y	4063104.520 m				
Droite 10	Gisement	274.33gr	1779,127	9538,909	678216,158	4064300,226
				11318,037	676579,763	4063602,010
Longueur totale de l'axe 11318.037 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Nom du dessin	listinge de PL
Nom de l'axe	Profil en long
Table associée	ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.83 %	290,465	0,000	3,077
Parabole 1	Rayon	-20000.000 m	127,858	290,465	5,493
	Sommet Absc.	456.826 m			
	Sommet Alt.	6.185 m			
Pente 2	Pente	0.19 %	690,643	418,323	6,148
Parabole 2	Rayon	-20000.000 m	154,512	1108,966	7,478
	Sommet Absc.	1147.469 m			
	Sommet Alt.	7.515 m			
Pente 3	Pente	-0.58 %	414,213	1263,477	7,178
Parabole 3	Rayon	20000.000 m	223,635	1677,690	4,776
	Sommet Absc.	1793.698 m			
	Sommet Alt.	4.439 m			

Pente 4	Pente	0.54 %	217,834	1901,326	4,729
Parabole 4	Rayon	-20000.000 m	143,715	2119,159	5,901
	Sommet Absc.	2226.787 m			
	Sommet Alt.	6.191 m			
Pente 5	Pente	-0.18 %	557,830	2262,875	6,158
Parabole 5	Rayon	20000.000 m	327,301	2820,705	5,151
	Sommet Absc.	2856.793 m			
	Sommet Alt.	5.119 m			
Pente 6	Pente	1.46 %	120,096	3148,006	7,239
Parabole 6	Rayon	-20000.000 m	417,598	3268,102	8,988
	Sommet Absc.	3559.314 m			
	Sommet Alt.	11.108 m			
Pente 7	Pente	-0.63 %	115,821	3685,700	10,708
Parabole 7	Rayon	20000.000 m	132,694	3801,521	9,977
	Sommet Absc.	3927.907 m			
	Sommet Alt.	9.577 m			
Pente 8	Pente	0.03 %	489,166	3934,215	9,578
Parabole 8	Rayon	20000.000 m	94,059	4423,380	9,732
	Sommet Absc.	4417.072 m			
	Sommet Alt.	9.731 m			
Pente 9	Pente	0.50 %	163,932	4517,439	9,983
Parabole 9	Rayon	-20000.000 m	219,558	4681,371	10,806
	Sommet Absc.	4781.738 m			
	Sommet Alt.	11.058 m			
Pente 10	Pente	-0.60 %	144,904	4900,930	10,703
Parabole 10	Rayon	20000.000 m	289,916	5045,834	9,839
	Sommet Absc.	5165.026 m			
	Sommet Alt.	9.484 m			
Pente 11	Pente	0.85 %	198,956	5335,750	10,213
Parabole 11	Rayon	-20000.000 m	76,689	5534,707	11,911
	Sommet Absc.	5705.431 m			
	Sommet Alt.	12.640 m			
Pente 12	Pente	0.47 %	857,218	5611,395	12,419
Parabole 12	Rayon	-20000.000 m	87,202	6468,613	16,449
	Sommet Absc.	6562.649 m			
	Sommet Alt.	16.670 m			
Pente 13	Pente	0.03 %	4762,222	6555,815	16,669
				11318,037	18,296
Longueur totale de l'axe 11318.037 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 11318.129 mètre(s)					

Profil En Long Projet					
Nom du dessin		listinge de PL			
Nom de l'axe		Profil en long			
Table associée		ICTAAL L2			
Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.83 %	290,465	0,000	3,077
Parabole 1	Rayon	-20000.000 m	127,858	290,465	5,493
	Sommet Absc.	456.826 m			
	Sommet Alt.	6.185 m			
Pente 2	Pente	0.19 %	690,643	418,323	6,148
Parabole 2	Rayon	-20000.000 m	154,512	1108,966	7,478
	Sommet Absc.	1147.469 m			
	Sommet Alt.	7.515 m			
Pente 3	Pente	-0.58 %	414,213	1263,477	7,178
Parabole 3	Rayon	20000.000 m	223,635	1677,690	4,776
	Sommet Absc.	1793.698 m			
	Sommet Alt.	4.439 m			
Pente 4	Pente	0.54 %	217,834	1901,326	4,729
Parabole 4	Rayon	-20000.000 m	143,715	2119,159	5,901
	Sommet Absc.	2226.787 m			
	Sommet Alt.	6.191 m			
Pente 5	Pente	-0.18 %	557,830	2262,875	6,158
Parabole 5	Rayon	20000.000 m	327,301	2820,705	5,151
	Sommet Absc.	2856.793 m			
	Sommet Alt.	5.119 m			
Pente 6	Pente	1.46 %	120,096	3148,006	7,239
Parabole 6	Rayon	-20000.000 m	417,598	3268,102	8,988
	Sommet Absc.	3559.314 m			
	Sommet Alt.	11.108 m			
Pente 7	Pente	-0.63 %	115,821	3685,700	10,708
Parabole 7	Rayon	20000.000 m	132,694	3801,521	9,977
	Sommet Absc.	3927.907 m			
	Sommet Alt.	9.577 m			
Pente 8	Pente	0.03 %	489,166	3934,215	9,578
Parabole 8	Rayon	20000.000 m	94,059	4423,380	9,732
	Sommet Absc.	4417.072 m			
	Sommet Alt.	9.731 m			
Pente 9	Pente	0.50 %	163,932	4517,439	9,983
Parabole 9	Rayon	-20000.000 m	219,558	4681,371	10,806
	Sommet Absc.	4781.738 m			
	Sommet Alt.	11.058 m			
Pente 10	Pente	-0.60 %	144,904	4900,930	10,703
Parabole 10	Rayon	20000.000 m	289,916	5045,834	9,839
	Sommet Absc.	5165.026 m			
	Sommet Alt.	9.484 m			
Pente 11	Pente	0.85 %	198,956	5335,750	10,213
Parabole 11	Rayon	-20000.000 m	76,689	5534,707	11,911
	Sommet Absc.	5705.431 m			
	Sommet Alt.	12.640 m			
Pente 12	Pente	0.47 %	857,218	5611,395	12,419
Parabole 12	Rayon	-20000.000 m	87,202	6468,613	16,449
	Sommet Absc.	6562.649 m			
	Sommet Alt.	16.670 m			
Pente 13	Pente	0.03 %	4762,222	6555,815	16,669

				11318,037	18,296

Longueur totale de l'axe 11318.037 mètre(s)

Longueur développée totale de l'axe 11318.129 mètre(s)

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Nom du dessin		volume des cubateures						
Nom de l'axe		les cubateures						
Table associée		ICTAAL L2						
Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0,000	12,500	0,00	126,03	0,0	1575,4	0,0	1575,4
P02	25,000	25,000	0,00	141,91	0,0	3547,8	0,0	5123,2
P03	50,000	25,000	0,00	138,97	0,0	3474,3	0,0	8597,5
P04	75,000	25,000	0,00	154,49	0,0	3862,3	0,0	12459,8
P05	100,000	25,000	0,00	177,10	0,0	4427,6	0,0	16887,4
P06	125,000	25,000	0,00	170,12	0,0	4253,1	0,0	21140,5
P07	150,000	25,000	0,00	163,08	0,0	4076,9	0,0	25217,4
P08	175,000	25,000	0,00	187,57	0,0	4689,3	0,0	29906,7
P09	200,000	25,000	0,00	220,87	0,0	5521,7	0,0	35428,4
P10	225,000	25,000	0,00	230,37	0,0	5759,2	0,0	41187,6
P11	250,000	25,000	0,00	226,94	0,0	5673,6	0,0	46861,2
P12	275,000	25,000	0,00	221,52	0,0	5538,1	0,0	52399,3
P13	300,000	25,000	0,00	226,46	0,0	5661,5	0,0	58060,8
P14	325,000	25,000	0,00	253,06	0,0	6326,5	0,0	64387,3
P15	350,000	25,000	0,00	286,24	0,0	7156,0	0,0	71543,3
P16	375,000	25,000	0,00	293,19	0,0	7329,8	0,0	78873,1
P17	400,000	25,000	0,00	288,09	0,0	7202,1	0,0	86075,2
P18	425,000	25,000	0,00	271,02	0,0	6775,5	0,0	92850,7
P19	450,000	25,000	0,00	262,59	0,0	6564,8	0,0	99415,5
P20	475,000	25,000	0,00	256,99	0,0	6424,7	0,0	105840,2
P21	500,000	25,000	0,00	260,57	0,0	6514,2	0,0	112354,4
P22	525,000	25,000	0,00	286,42	0,0	7160,4	0,0	119514,8
P23	550,000	25,000	0,00	268,57	0,0	6714,2	0,0	126229,0
P24	575,000	25,000	0,00	256,03	0,0	6400,7	0,0	132629,7
P25	600,000	37,500	0,00	296,28	0,0	11110,3	0,0	143740,0
P26	625,000	12,500	0,00	301,21	0,0	3765,1	0,0	147505,1
P27	650,000	25,000	0,00	198,14	0,0	0,0	0,0	147505,1
P28	675,000	23,785	0,00	213,76	0,0	0,0	0,0	147505,1
P29	697,570	12,500	0,00	229,16	0,0	0,0	0,0	147505,1
P30	700,000	13,715	0,00	229,31	0,0	0,0	0,0	147505,1
P31	725,000	25,000	0,00	244,73	0,0	0,0	0,0	147505,1
P32	750,000	25,000	0,00	273,78	0,0	0,0	0,0	147505,1
P33	775,000	25,000	0,00	274,80	0,0	0,0	0,0	147505,1
P34	800,000	25,000	0,00	253,83	0,0	0,0	0,0	147505,1
P35	825,000	25,000	0,00	209,88	0,0	0,0	0,0	147505,1
P36	850,000	15,538	0,00	160,42	0,0	0,0	0,0	147505,1
P37	856,076	3,038	0,00	232,89	0,0	0,0	0,0	147505,1
P38	875,000	31,424	0,00	245,87	0,0	7730,0	0,0	155235,1
P39	900,000	25,000	0,00	293,07	0,0	7328,2	0,0	162563,3
P40	925,000	25,000	0,00	296,22	0,0	7404,3	0,0	169967,6
P41	950,000	19,621	0,00	295,89	0,0	5803,8	0,0	175771,4
P42	964,242	12,500	0,00	297,47	0,0	3717,8	0,0	179489,2
P43	975,000	17,879	0,00	297,52	0,0	5319,3	0,0	184808,5
P44	1000,000	25,000	0,00	302,63	0,0	7565,7	0,0	192374,2
P45	1025,000	25,000	0,00	311,02	0,0	7775,6	0,0	200149,8
P46	1050,000	25,000	0,00	313,93	0,0	7848,4	0,0	207998,2
P47	1075,000	25,000	0,00	314,88	0,0	7872,0	0,0	215870,2
P48	1100,000	25,000	0,00	312,88	0,0	7822,0	0,0	223692,2
P49	1125,000	25,000	0,00	323,51	0,0	8087,7	0,0	231779,9
P50	1150,000	25,000	0,00	323,09	0,0	8077,3	0,0	239857,2
P51	1175,000	25,000	0,00	321,94	0,0	8048,6	0,0	247905,8
P52	1200,000	25,000	0,00	318,89	0,0	7972,3	0,0	255878,1
P53	1225,000	15,902	0,00	313,95	0,0	4992,5	0,0	260870,6
P54	1231,804	12,500	0,00	312,29	0,0	3903,6	0,0	264774,2
P55	1250,000	21,598	0,00	307,16	0,0	6634,0	0,0	271408,2
P56	1275,000	25,000	0,00	298,76	0,0	7468,9	0,0	278877,1
P57	1300,000	25,000	0,00	290,16	0,0	7254,0	0,0	286131,1
P58	1325,000	25,000	0,00	281,65	0,0	7041,2	0,0	293172,3
P59	1350,000	25,000	0,00	273,22	0,0	6830,6	0,0	300002,9
P60	1375,000	25,000	0,00	265,04	0,0	6626,1	0,0	306629,0
P61	1400,000	25,000	0,00	256,62	0,0	6415,5	0,0	313044,5
P62	1425,000	25,000	0,00	235,54	0,0	5880,6	0,0	318925,1
P63	1450,000	25,000	0,00	232,01	0,0	5790,9	0,0	324716,0
P64	1475,000	25,000	0,00	269,81	0,0	6752,3	0,0	331468,3
P65	1500,000	25,000	0,00	252,02	0,0	6308,5	0,0	337776,8
P66	1525,000	25,000	0,00	227,67	0,0	5697,8	0,0	343474,6
P67	1550,000	25,000	0,00	210,37	0,0	5260,7	0,0	348735,3
P68	1575,000	25,000	0,00	201,17	0,0	5029,1	0,0	353764,4
P69	1600,000	25,000	0,00	193,58	0,0	4839,5	0,0	358603,9

P70	1625,000	25,000	0,00	186,08	0,0	4652,0	0,0	363255,9
P71	1650,000	25,000	0,00	192,24	0,0	4806,7	0,0	368062,6
P72	1675,000	25,000	0,00	203,69	0,0	5092,8	0,0	373155,4
P73	1700,000	25,000	0,00	198,00	0,0	4949,5	0,0	378104,9
P74	1725,000	25,000	0,00	159,56	0,0	3989,1	0,0	382094,0
P75	1750,000	25,000	0,00	156,21	0,0	3905,3	0,0	385999,3
P76	1775,000	25,000	0,00	154,30	0,0	3857,5	0,0	389856,8
P77	1800,000	25,000	0,00	156,51	0,0	3914,3	0,0	393771,1
P78	1825,000	25,000	0,00	172,60	0,0	4320,8	0,0	398091,9
P79	1850,000	25,000	0,00	172,83	0,0	4319,8	0,0	402411,7
P80	1875,000	25,000	0,00	162,00	0,0	4050,1	0,0	406461,8
P81	1900,000	25,000	0,00	167,84	0,0	4196,0	0,0	410657,8
P82	1925,000	25,000	0,00	176,32	0,0	4406,5	0,0	415064,3
P83	1950,000	25,000	0,00	184,84	0,0	4618,3	0,0	419682,6
P84	1975,000	25,000	0,00	189,01	0,0	4724,6	0,0	424407,2
P85	2000,000	25,000	0,00	195,33	0,0	4883,1	0,0	429290,3
P86	2025,000	25,000	0,00	202,38	0,0	5059,5	0,0	434349,8
P87	2050,000	25,000	0,00	209,50	0,0	5237,6	0,0	439587,4
P88	2075,000	25,000	0,00	216,70	0,0	5417,5	0,0	445004,9
P89	2100,000	25,000	0,00	223,97	0,0	5599,3	0,0	450604,2
P90	2125,000	25,000	0,00	231,27	0,0	5781,7	0,0	456385,9
P91	2150,000	25,000	0,00	237,41	0,0	5935,3	0,0	462321,2
P92	2175,000	25,000	0,00	241,87	0,0	6046,7	0,0	468367,9
P93	2200,000	25,000	0,00	244,61	0,0	6115,1	0,0	474483,0
P94	2225,000	25,000	0,00	245,53	0,0	6138,4	0,0	480621,4
P95	2250,000	22,242	0,00	243,24	0,0	5410,2	0,0	486031,6
P96	2269,485	12,500	0,00	240,57	0,0	3006,0	0,0	489037,6
P97	2275,000	15,258	0,00	240,42	0,0	3667,2	0,0	492704,8
P98	2300,000	25,000	0,00	235,91	0,0	5895,4	0,0	498600,2
P99	2325,000	23,631	0,00	231,86	0,0	5477,9	0,0	504078,1
P100	2347,263	12,500	0,00	229,47	0,0	2868,2	0,0	506946,3
P101	2350,000	13,869	0,00	228,99	0,0	3175,8	0,0	510122,1
P102	2375,000	25,000	0,00	215,79	0,0	5394,6	0,0	515516,7
P103	2400,000	25,000	0,00	210,32	0,0	5258,1	0,0	520774,8
P104	2425,000	25,000	0,00	215,96	0,0	5399,0	0,0	526173,8
P105	2450,000	25,000	0,00	219,57	0,0	5489,3	0,0	531663,1
P106	2475,000	21,341	0,00	218,81	0,0	4669,8	0,0	536332,9
P107	2492,682	12,500	0,00	212,70	0,0	2659,1	0,0	538992,0
P108	2500,000	16,159	0,00	208,80	0,0	3375,5	0,0	542367,5
P109	2525,000	25,000	0,00	201,68	0,0	5043,5	0,0	547411,0
P110	2550,000	25,000	0,00	188,43	0,0	4710,9	0,0	552121,9
P111	2575,000	25,000	0,00	172,35	0,0	4309,0	0,0	556430,9
P112	2600,000	25,000	0,00	159,30	0,0	3982,5	0,0	560413,4
P113	2625,000	25,000	0,00	157,08	0,0	3927,0	0,0	564340,4
P114	2650,000	25,000	0,00	154,87	0,0	3871,7	0,0	568212,1
P115	2675,000	25,000	0,00	152,66	0,0	3816,6	0,0	572028,7
P116	2700,000	25,000	0,00	150,47	0,0	3761,7	0,0	575790,4
P117	2725,000	25,000	0,00	148,28	0,0	3707,0	0,0	579497,4
P118	2750,000	25,000	0,00	146,10	0,0	3652,5	0,0	583149,9
P119	2775,000	25,000	0,00	143,93	0,0	3598,2	0,0	586748,1
P120	2800,000	25,000	0,00	141,76	0,0	3544,1	0,0	590292,2
P121	2825,000	25,000	0,00	139,63	0,0	3490,8	0,0	593783,0
P122	2850,000	25,000	0,00	138,48	0,0	3462,1	0,0	597245,1
P123	2875,000	25,000	0,00	138,82	0,0	3470,5	0,0	600715,6
P124	2900,000	25,000	0,00	139,64	0,0	3490,8	0,0	604206,4
P125	2925,000	25,000	0,00	137,64	0,0	3440,3	0,0	607646,7
P126	2950,000	25,000	0,00	135,79	0,0	3394,0	0,0	611040,7
P127	2975,000	25,000	0,00	135,51	0,0	3387,0	0,0	614427,7
P128	3000,000	25,000	0,00	136,81	0,0	3419,6	0,0	617847,3
P129	3025,000	25,000	0,00	139,70	0,0	3491,7	0,0	621339,0
P130	3050,000	25,000	0,00	143,54	0,0	3588,0	0,0	624927,0
P131	3075,000	25,000	0,00	148,42	0,0	3710,2	0,0	628637,2
P132	3100,000	25,000	0,00	159,78	0,0	3993,8	0,0	632631,0
P133	3125,000	18,553	0,00	164,56	0,0	3051,2	0,0	635682,2
P134	3137,106	10,770	0,00	166,61	0,0	1793,7	0,0	637475,9
P135	3146,540	6,447	0,00	168,41	0,0	1086,2	0,0	638562,1
P136	3150,000	14,230	0,00	169,23	0,0	2412,0	0,0	640974,1
P137	3175,000	25,000	0,00	178,58	0,0	4473,8	0,0	645447,9
P138	3200,000	25,000	0,00	196,35	0,0	4915,7	0,0	650363,6
P139	3225,000	25,000	0,00	203,26	0,0	5083,5	0,0	655447,1
P140	3250,000	25,000	0,00	219,98	0,0	5499,4	0,0	660946,5
P141	3275,000	25,000	0,00	239,84	0,0	5996,0	0,0	666942,5
P142	3300,000	25,000	0,00	258,91	0,0	6472,9	0,0	673415,4
P143	3325,000	25,000	0,00	276,64	0,0	6915,9	0,0	680331,3
P144	3350,000	25,000	0,00	292,89	0,0	7322,2	0,0	687653,5
P145	3375,000	37,500	0,00	307,56	0,0	11533,7	0,0	699187,2
P146	3400,000	12,500	0,00	222,59	0,0	0,0	0,0	699187,2
P147	3425,000	25,000	0,00	234,05	0,0	0,0	0,0	699187,2
P148	3450,000	25,000	0,00	343,18	0,0	0,0	0,0	699187,2
P149	3475,000	25,000	0,00	360,54	0,0	0,0	0,0	699187,2
P150	3500,000	25,000	0,00	281,93	0,0	0,0	0,0	699187,2

P151	3525,000	25,000	0,00	256,44	0,0	0,0	0,0	699187,2
P152	3550,000	12,500	0,00	242,50	0,0	0,0	0,0	699187,2
P153	3575,000	37,500	0,00	359,70	0,0	13488,8	0,0	712676,0
P154	3600,000	25,000	0,00	357,47	0,0	8936,7	0,0	721612,7
P155	3625,000	25,000	0,00	353,26	0,0	8831,5	0,0	730444,2
P156	3650,000	25,000	0,00	347,11	0,0	8677,8	0,0	739122,0
P157	3675,000	25,000	0,00	339,05	0,0	8476,4	0,0	747598,4
P158	3700,000	25,000	0,00	329,45	0,0	8236,3	0,0	755834,7
P159	3725,000	25,000	0,00	319,77	0,0	7994,3	0,0	763829,0
P160	3750,000	25,000	0,00	310,19	0,0	7754,8	0,0	771583,8
P161	3775,000	25,000	0,00	300,71	0,0	7517,8	0,0	779101,6
P162	3800,000	16,131	0,00	291,33	0,0	4699,4	0,0	783801,0
P163	3807,262	12,500	0,00	288,67	0,0	3608,4	0,0	787409,4
P164	3825,000	21,369	0,00	282,86	0,0	6044,4	0,0	793453,8
P165	3850,000	21,211	0,00	275,81	0,0	5850,2	0,0	799304,0
P166	3867,422	12,500	0,00	270,31	0,0	3379,0	0,0	802683,0
P167	3875,000	16,289	0,00	267,66	0,0	4360,9	0,0	807043,9
P168	3900,000	25,000	0,00	263,01	0,0	6578,5	0,0	813622,4
P169	3925,000	25,000	0,00	277,54	0,0	6947,2	0,0	820569,6
P170	3950,000	25,000	0,00	287,18	0,0	7189,3	0,0	827758,9
P171	3975,000	25,000	0,00	327,57	0,0	8208,6	0,0	835967,5
P172	4000,000	25,000	0,00	377,27	0,0	9472,5	0,0	845440,0
P173	4025,000	37,500	0,00	408,56	0,0	15384,0	0,0	860824,0
P174	4050,000	12,500	0,00	269,85	0,0	0,0	0,0	860824,0
P175	4075,000	25,000	0,00	276,88	0,0	0,0	0,0	860824,0
P176	4100,000	25,000	0,00	299,42	0,0	0,0	0,0	860824,0
P177	4125,000	25,000	0,00	316,02	0,0	0,0	0,0	860824,0
P178	4150,000	25,000	0,00	320,80	0,0	0,0	0,0	860824,0
P179	4175,000	25,000	0,00	314,50	0,0	0,0	0,0	860824,0
P180	4200,000	25,000	0,00	293,68	0,0	0,0	0,0	860824,0
P181	4225,000	25,000	0,00	261,26	0,0	0,0	0,0	860824,0
P182	4250,000	12,500	0,00	239,33	0,0	0,0	0,0	860824,0
P183	4275,000	37,500	0,00	351,56	0,0	13100,1	0,0	873924,1
P184	4300,000	25,000	0,00	304,99	0,0	7581,0	0,0	881505,1
P185	4325,000	25,000	0,00	277,65	0,0	6904,3	0,0	888409,4
P186	4350,000	25,000	0,00	233,74	0,0	5832,0	0,0	894241,4
P187	4375,000	25,000	0,00	226,24	0,0	5652,0	0,0	899893,4
P188	4400,000	25,000	0,00	217,92	0,0	5443,0	0,0	905336,4
P189	4425,000	25,000	0,00	220,47	0,0	5500,9	0,0	910837,3
P190	4450,000	25,000	0,00	238,83	0,0	5955,9	0,0	916793,2
P191	4475,000	14,382	0,00	249,44	0,0	3580,2	0,0	920373,4
P192	4478,765	12,500	0,00	252,20	0,0	3151,5	0,0	923524,9
P193	4500,000	12,993	0,00	255,90	0,0	3324,9	0,0	926849,8
P194	4504,751	12,500	0,00	256,59	0,0	3216,9	0,0	930066,7
P195	4525,000	22,625	0,00	256,03	0,0	5813,3	0,0	935880,0
P196	4550,000	25,000	0,00	278,88	0,0	6986,1	0,0	942866,1
P197	4575,000	25,000	0,00	296,71	0,0	7426,7	0,0	950292,8
P198	4600,000	25,000	0,00	311,18	0,0	7784,0	0,0	958076,8
P199	4625,000	25,000	0,00	321,56	0,0	8041,0	0,0	966117,8
P200	4650,000	25,000	0,00	330,58	0,0	8265,2	0,0	974383,0
P201	4675,000	25,000	0,00	328,71	0,0	8215,7	0,0	982598,7
P202	4700,000	25,000	0,00	315,97	0,0	7890,0	0,0	990488,7
P203	4725,000	25,000	0,00	314,14	0,0	7846,1	0,0	998334,8
P204	4750,000	25,000	0,00	296,87	0,0	7422,3	0,0	1005757,1
P205	4775,000	25,000	0,00	295,75	0,0	7394,0	0,0	1013151,1
P206	4800,000	25,000	0,00	287,50	0,0	7181,8	0,0	1020332,9
P207	4825,000	25,000	0,00	292,83	0,0	7320,7	0,0	1027653,6
P208	4850,000	25,000	0,00	292,08	0,0	7304,4	0,0	1034958,0
P209	4875,000	25,000	0,00	307,60	0,0	7698,7	0,0	1042656,7
P210	4900,000	25,000	0,00	308,18	0,0	7711,8	0,0	1050368,5
P211	4925,000	25,000	0,00	300,29	0,0	7517,2	0,0	1057885,7
P212	4950,000	25,000	0,00	286,42	0,0	7170,4	0,0	1065056,1
P213	4975,000	25,000	0,00	276,70	0,0	6928,8	0,0	1071984,9
P214	5000,000	25,000	0,00	249,46	0,0	6242,4	0,0	1078227,3
P215	5025,000	25,000	0,00	254,92	0,0	6386,1	0,0	1084613,4
P216	5050,000	25,000	0,00	241,21	0,0	6042,5	0,0	1090655,9
P217	5075,000	13,775	0,00	223,89	0,0	3088,9	0,0	1093744,8
P218	5077,551	12,500	0,00	222,95	0,0	2787,3	0,0	1096532,1
P219	5100,000	23,725	0,00	214,11	0,0	5079,7	0,0	1101611,8
P220	5125,000	16,119	0,00	202,81	0,0	3269,1	0,0	1104880,9
P221	5132,238	12,500	0,00	200,38	0,0	2502,6	0,0	1107383,5
P222	5150,000	21,381	0,00	195,00	0,0	4163,8	0,0	1111547,3
P223	5175,000	25,000	0,00	191,36	0,0	4775,5	0,0	1116322,8
P224	5200,000	25,000	0,00	193,10	0,0	4817,3	0,0	1121140,1
P225	5225,000	25,000	0,00	189,06	0,0	4717,0	0,0	1125857,1
P226	5250,000	25,000	0,00	187,57	0,0	4679,5	0,0	1130536,6
P227	5275,000	25,000	0,00	187,55	0,0	4680,3	0,0	1135216,9
P228	5300,000	25,000	0,00	204,31	0,0	5099,6	0,0	1140316,5
P229	5325,000	25,000	0,00	217,06	0,0	5418,9	0,0	1145735,4
P230	5350,000	25,000	0,00	220,09	0,0	5495,9	0,0	1151231,3
P231	5375,000	25,000	0,00	214,64	0,0	5363,7	0,0	1156595,0

P232	5400,000	25,000	0,00	221,98	0,0	5549,4	0,0	1162144,4
P233	5425,000	25,000	0,00	230,56	0,0	5765,0	0,0	1167909,4
P234	5450,000	25,000	0,00	157,67	0,0	3922,6	0,0	1171832,0
P235	5475,000	25,000	0,00	47,34	0,0	1184,3	0,0	1173016,3
P236	5500,000	25,000	0,00	198,63	0,0	4949,9	0,0	1177966,2
P237	5525,000	25,000	0,00	262,59	0,0	6564,0	0,0	1184530,2
P238	5550,000	25,000	0,00	293,96	0,0	7343,2	0,0	1191873,4
P239	5575,000	25,000	0,00	364,53	0,0	9094,8	0,0	1200968,2
P240	5600,000	25,000	0,00	386,52	0,0	9639,8	0,0	1210608,0
P241	5625,000	25,000	0,00	411,10	0,0	10251,6	0,0	1220859,6
P242	5650,000	25,000	0,00	435,15	0,0	10852,7	0,0	1231712,3
P243	5675,000	25,000	0,00	463,89	0,0	11570,4	0,0	1243282,7
P244	5700,000	25,000	0,00	487,85	0,0	12170,5	0,0	1255453,2
P245	5725,000	25,000	0,00	533,91	0,0	13313,3	0,0	1268766,5
P246	5750,000	37,500	0,00	615,10	0,0	22980,8	0,0	1291747,3
P247	5775,000	12,500	0,00	346,36	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P248	5800,000	25,000	0,00	371,42	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P249	5825,000	25,000	0,00	399,70	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P250	5850,000	25,000	0,00	429,56	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P251	5875,000	25,000	0,00	344,30	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P252	5900,000	25,000	0,00	303,75	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P253	5925,000	25,000	0,00	284,82	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P254	5950,000	28,571	0,00	300,65	0,0	0,0	0,0	1291747,3
P255	5975,000	37,500	0,00	413,05	0,0	15511,5	0,0	1307258,8
P256	6000,000	19,432	0,00	378,73	0,0	7359,4	0,0	1314618,2
P257	6013,864	12,500	0,00	376,69	0,0	4709,2	0,0	1319327,4
P258	6025,000	18,068	0,00	381,77	0,0	6897,9	0,0	1326225,3
P259	6050,000	25,000	0,00	388,51	0,0	9712,6	0,0	1335937,9
P260	6075,000	25,000	0,00	392,50	0,0	9812,4	0,0	1345750,3
P261	6100,000	25,000	0,00	393,89	0,0	9847,2	0,0	1355597,5
P262	6125,000	37,500	0,00	384,33	0,0	14412,4	0,0	1370009,9
P263	6150,000	12,500	0,00	244,21	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P264	6175,000	25,000	0,00	242,79	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P265	6200,000	25,000	0,00	294,37	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P266	6225,000	25,000	0,00	387,14	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P267	6250,000	25,000	0,00	429,15	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P268	6275,000	25,000	0,00	456,76	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P269	6300,000	25,000	0,00	401,70	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P270	6325,000	25,000	0,00	336,47	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P271	6350,000	12,500	0,00	307,00	0,0	0,0	0,0	1370009,9
P272	6375,000	37,500	0,00	489,03	0,0	18338,6	0,0	1388348,5
P273	6400,000	25,000	0,00	464,44	0,0	11611,0	0,0	1399959,5
P274	6425,000	25,000	0,00	468,15	0,0	11703,8	0,0	1411663,3
P275	6450,000	25,000	0,00	471,89	0,0	11797,2	0,0	1423460,5
P276	6475,000	25,000	0,00	473,30	0,0	11832,5	0,0	1435293,0
P277	6500,000	25,000	0,00	471,77	0,0	11794,2	0,0	1447087,2
P278	6525,000	25,000	0,00	475,30	0,0	11882,5	0,0	1458969,7
P279	6550,000	16,617	0,00	475,51	0,0	7901,5	0,0	1466871,2
P280	6558,234	12,500	0,00	465,25	0,0	5817,1	0,0	1472688,3
P281	6575,000	20,883	0,00	443,91	0,0	9276,1	0,0	1481964,4
P282	6600,000	25,000	0,00	431,11	0,0	10784,6	0,0	1492749,0
P283	6625,000	25,000	0,00	420,08	0,0	10506,7	0,0	1503255,7
P284	6650,000	25,000	0,00	417,33	0,0	10432,2	0,0	1513687,9
P285	6675,000	25,000	0,00	425,00	0,0	10619,3	0,0	1524307,2
P286	6700,000	37,500	0,00	443,04	0,0	16606,6	0,0	1540913,8
P287	6725,000	12,500	0,00	292,30	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P288	6750,000	25,000	0,00	354,31	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P289	6775,000	25,000	0,00	412,93	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P290	6800,000	25,000	0,00	416,94	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P291	6825,000	25,000	0,00	439,11	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P292	6850,000	25,000	0,00	535,67	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P293	6875,000	25,000	0,00	303,26	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P294	6900,000	23,625	0,00	261,87	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P295	6925,000	27,438	0,00	372,88	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P296	6950,000	28,365	0,00	371,95	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P297	6975,000	29,292	0,00	371,02	0,0	0,0	0,0	1540913,8
P298	6975,000	37,500	0,00	342,87	0,0	12857,7	0,0	1553771,5
P299	7000,000	25,000	0,00	342,01	0,0	8550,3	0,0	1562321,8
P300	7025,000	25,000	0,00	342,55	0,0	8563,7	0,0	1570885,5
P301	7050,000	25,000	0,00	343,08	0,0	8577,0	0,0	1579462,5
P302	7075,000	37,500	0,00	342,21	0,0	12832,8	0,0	1592295,3
P303	7100,000	12,500	0,00	212,09	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P304	7125,000	25,000	0,00	212,18	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P305	7150,000	25,000	0,00	234,18	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P306	7175,000	25,000	0,00	455,92	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P307	7200,000	25,000	0,00	444,12	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P308	7225,000	25,000	0,00	340,21	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P309	7250,000	25,000	0,00	328,84	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P310	7275,000	25,000	0,00	303,90	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P311	7300,000	25,000	0,00	262,68	0,0	0,0	0,0	1592295,3
P312	7325,000	27,778	0,00	356,39	0,0	0,0	0,0	1592295,3

P313	7350,000	37,500	0,00	356,31	0,0	13361,7	0,0	1605657,0
P314	7375,000	25,000	0,00	350,04	0,0	8751,0	0,0	1614408,0
P315	7400,000	25,000	0,00	350,58	0,0	8764,5	0,0	1623172,5
P316	7425,000	25,000	0,00	351,12	0,0	8777,9	0,0	1631950,4
P317	7450,000	25,000	0,00	351,66	0,0	8791,4	0,0	1640741,8
P318	7475,000	25,000	0,00	352,19	0,0	8804,8	0,0	1649546,6
P319	7500,000	25,000	0,00	352,73	0,0	8818,3	0,0	1658364,9
P320	7525,000	25,000	0,00	343,16	0,0	8578,9	0,0	1666943,8
P321	7550,000	25,000	0,00	326,40	0,0	8160,0	0,0	1675103,8
P322	7575,000	25,000	0,00	310,15	0,0	7753,8	0,0	1682857,6
P323	7600,000	25,000	0,00	298,74	0,0	7468,5	0,0	1690326,1
P324	7625,000	25,000	0,00	285,76	0,0	7143,9	0,0	1697470,0
P325	7650,000	25,000	0,00	319,22	0,0	7980,6	0,0	1705450,6
P326	7675,000	25,000	0,00	357,73	0,0	8943,2	0,0	1714393,8
P327	7700,000	25,000	0,00	396,76	0,0	9919,0	0,0	1724312,8
P328	7725,000	25,000	0,00	448,99	0,0	11224,9	0,0	1735537,7
P329	7750,000	25,000	0,00	535,56	0,0	13389,1	0,0	1748926,8
P330	7775,000	25,000	0,00	580,19	0,0	14504,8	0,0	1763431,6
P331	7800,000	25,000	0,00	577,28	0,0	14431,9	0,0	1777863,5
P332	7825,000	25,000	0,00	551,65	0,0	13791,2	0,0	1791654,7
P333	7850,000	25,000	0,00	536,74	0,0	13418,6	0,0	1805073,3
P334	7875,000	37,500	0,00	545,82	0,0	20468,1	0,0	1825541,4
P335	7900,000	12,500	0,00	304,77	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P336	7925,000	25,000	0,00	313,03	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P337	7950,000	25,000	0,00	423,05	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P338	7975,000	25,000	0,00	450,77	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P339	8000,000	25,000	0,00	371,65	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P340	8025,000	25,000	0,00	277,02	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P341	8050,000	25,000	0,00	210,45	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P342	8075,000	12,500	0,00	191,32	0,0	0,0	0,0	1825541,4
P343	8100,000	37,500	0,00	249,29	0,0	9348,4	0,0	1834889,8
P344	8125,000	25,000	0,00	253,25	0,0	6331,2	0,0	1841221,0
P345	8150,000	25,000	0,00	255,12	0,0	6378,0	0,0	1847599,0
P346	8175,000	25,000	0,00	254,08	0,0	6352,0	0,0	1853951,0
P347	8200,000	25,000	0,00	247,86	0,0	6196,4	0,0	1860147,4
P348	8225,000	25,000	0,00	248,33	0,0	6208,4	0,0	1866355,8
P349	8250,000	25,000	0,00	248,81	0,0	6220,4	0,0	1872576,2
P350	8275,000	25,000	0,00	249,29	0,0	6232,3	0,0	1878808,5
P351	8300,000	25,000	0,00	249,77	0,0	6244,3	0,0	1885052,8
P352	8325,000	25,000	0,00	250,25	0,0	6256,3	0,0	1891309,1
P353	8350,000	37,500	0,00	250,73	0,0	9402,5	0,0	1900711,6
P354	8375,000	12,500	0,00	185,98	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P355	8400,000	25,000	0,00	189,06	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P356	8425,000	25,000	0,00	284,99	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P357	8450,000	25,000	0,00	357,04	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P358	8475,000	25,000	0,00	420,09	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P359	8500,000	25,000	0,00	359,28	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P360	8525,000	25,000	0,00	285,05	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P361	8550,000	12,500	0,00	262,68	0,0	0,0	0,0	1900711,6
P362	8575,000	37,500	0,00	403,57	0,0	15133,8	0,0	1915845,4
P363	8600,000	25,000	0,00	414,36	0,0	10359,1	0,0	1926204,5
P364	8625,000	25,000	0,00	422,24	0,0	10556,1	0,0	1936760,6
P365	8650,000	25,000	0,00	425,57	0,0	10639,3	0,0	1947399,9
P366	8675,000	25,000	0,00	431,65	0,0	10791,3	0,0	1958191,2
P367	8700,000	25,000	0,00	433,97	0,0	10849,3	0,0	1969040,5
P368	8725,000	37,500	0,00	403,88	0,0	15145,4	0,0	1984185,9
P369	8750,000	12,500	0,00	258,89	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P370	8775,000	25,000	0,00	277,01	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P371	8800,000	13,496	0,00	333,51	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P372	8801,991	12,500	0,00	340,96	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P373	8825,000	24,004	0,00	381,33	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P374	8850,000	25,000	0,00	258,09	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P375	8875,000	12,500	0,00	252,87	0,0	0,0	0,0	1984185,9
P376	8900,000	37,500	0,00	371,34	0,0	13919,2	0,0	1998105,1
P377	8925,000	25,000	0,00	349,87	0,0	8743,0	0,0	2006848,1
P378	8950,000	25,000	0,00	329,57	0,0	8236,6	0,0	2015084,7
P379	8975,000	25,000	0,00	322,62	0,0	8065,1	0,0	2023149,8
P380	9000,000	25,000	0,00	322,46	0,0	8061,5	0,0	2031211,3
P381	9025,000	25,000	0,00	322,98	0,0	8074,5	0,0	2039285,8
P382	9050,000	25,000	0,00	323,50	0,0	8087,6	0,0	2047373,4
P383	9075,000	25,000	0,00	324,03	0,0	8100,7	0,0	2055474,1
P384	9100,000	25,000	0,00	320,19	0,0	8005,4	0,0	2063479,5
P385	9125,000	25,000	0,00	309,48	0,0	7739,2	0,0	2071218,7
P386	9150,000	25,000	0,00	300,22	0,0	7508,3	0,0	2078727,0
P387	9175,000	25,000	0,00	292,26	0,0	7309,4	0,0	2086036,4
P388	9200,000	25,000	0,00	287,98	0,0	7203,1	0,0	2093239,5
P389	9225,000	25,000	0,00	290,97	0,0	7277,7	0,0	2100517,2
P390	9250,000	25,000	0,00	296,26	0,0	7409,3	0,0	2107926,5
P391	9275,000	25,000	0,00	305,70	0,0	7645,4	0,0	2115571,9
P392	9300,000	25,000	0,00	314,29	0,0	7860,8	0,0	2123432,7
P393	9325,000	25,000	0,00	321,33	0,0	8036,1	0,0	2131468,8

P394	9350,000	25,000	0,00	324,02	0,0	8102,9	0,0	2139571,7
P395	9375,000	25,000	0,00	327,70	0,0	8193,7	0,0	2147765,4
P396	9400,000	25,000	0,00	330,63	0,0	8265,9	0,0	2156031,3
P397	9425,000	25,000	0,00	331,38	0,0	8284,5	0,0	2164315,8
P398	9450,000	25,000	0,00	331,91	0,0	8297,6	0,0	2172613,4
P399	9475,000	25,000	0,00	332,25	0,0	8306,0	0,0	2180919,4
P400	9500,000	25,000	0,00	250,18	0,0	6265,2	0,0	2187184,6
P401	9525,000	19,455	0,00	254,01	0,0	4949,3	0,0	2192133,9
P402	9538,909	12,500	0,00	259,58	0,0	3246,2	0,0	2195380,1
P403	9550,000	18,045	0,00	264,12	0,0	4766,1	0,0	2200146,2
P404	9575,000	25,000	0,00	268,40	0,0	6709,9	0,0	2206856,1
P405	9600,000	25,000	0,00	267,90	0,0	6697,6	0,0	2213553,7
P406	9625,000	25,000	0,00	260,93	0,0	6523,3	0,0	2220077,0
P407	9650,000	25,000	0,00	250,39	0,0	6259,8	0,0	2226336,8
P408	9675,000	25,000	0,00	220,55	0,0	5513,8	0,0	2231850,6
P409	9700,000	25,000	0,00	221,01	0,0	5525,4	0,0	2237376,0
P410	9725,000	25,000	0,00	221,48	0,0	5536,9	0,0	2242912,9
P411	9750,000	25,000	0,00	221,94	0,0	5548,5	0,0	2248461,4
P412	9775,000	25,000	0,00	222,40	0,0	5560,1	0,0	2254021,5
P413	9800,000	25,000	0,00	222,87	0,0	5571,6	0,0	2259593,1
P414	9825,000	25,000	0,00	223,33	0,0	5583,2	0,0	2265176,3
P415	9850,000	25,000	0,00	223,79	0,0	5594,8	0,0	2270771,1
P416	9875,000	25,000	0,00	224,26	0,0	5606,4	0,0	2276377,5
P417	9900,000	25,000	0,00	224,72	0,0	5618,0	0,0	2281995,5
P418	9925,000	25,000	0,00	225,19	0,0	5629,6	0,0	2287625,1
P419	9950,000	25,000	0,00	225,65	0,0	5641,2	0,0	2293266,3
P420	9975,000	25,000	0,00	226,12	0,0	5652,9	0,0	2298919,2
P421	10000,000	25,000	0,00	226,58	0,0	5664,5	0,0	2304583,7
P422	10025,000	25,000	0,00	227,05	0,0	5676,2	0,0	2310259,9
P423	10050,000	25,000	0,00	227,42	0,0	5685,4	0,0	2315945,3
P424	10075,000	25,000	0,00	225,84	0,0	5646,1	0,0	2321591,4
P425	10100,000	25,000	0,00	223,05	0,0	5576,3	0,0	2327167,7
P426	10125,000	25,000	0,00	220,38	0,0	5509,5	0,0	2332677,2
P427	10150,000	25,000	0,00	217,75	0,0	5443,8	0,0	2338121,0
P428	10175,000	25,000	0,00	215,55	0,0	5388,8	0,0	2343509,8
P429	10200,000	25,000	0,00	214,04	0,0	5351,0	0,0	2348860,8
P430	10225,000	25,000	0,00	212,56	0,0	5313,9	0,0	2354174,7
P431	10250,000	25,000	0,00	211,08	0,0	5277,0	0,0	2359451,7
P432	10275,000	25,000	0,00	210,18	0,0	5254,6	0,0	2364706,3
P433	10300,000	25,000	0,00	219,46	0,0	5486,4	0,0	2370192,7
P434	10325,000	25,000	0,00	221,37	0,0	5534,2	0,0	2375726,9
P435	10350,000	25,000	0,00	210,59	0,0	5264,9	0,0	2380991,8
P436	10375,000	25,000	0,00	210,24	0,0	5256,0	0,0	2386247,8
P437	10400,000	25,000	0,00	210,20	0,0	5254,9	0,0	2391502,7
P438	10425,000	25,000	0,00	210,12	0,0	5252,9	0,0	2396755,6
P439	10450,000	25,000	0,00	207,26	0,0	5181,5	0,0	2401937,1
P440	10475,000	25,000	0,00	203,50	0,0	5087,5	0,0	2407024,6
P441	10500,000	25,000	0,00	199,76	0,0	4994,0	0,0	2412018,6
P442	10525,000	25,000	0,00	196,04	0,0	4901,1	0,0	2416919,7
P443	10550,000	25,000	0,00	190,02	0,0	4750,5	0,0	2421670,2
P444	10575,000	25,000	0,00	184,55	0,0	4613,7	0,0	2426283,9
P445	10600,000	25,000	0,00	184,52	0,0	4612,9	0,0	2430896,8
P446	10625,000	25,000	0,00	184,96	0,0	4623,9	0,0	2435520,7
P447	10650,000	25,000	0,00	185,40	0,0	4634,9	0,0	2440155,6
P448	10675,000	25,000	0,00	185,83	0,0	4645,9	0,0	2444801,5
P449	10700,000	25,000	0,00	186,27	0,0	4656,8	0,0	2449458,3
P450	10725,000	25,000	0,00	186,71	0,0	4667,8	0,0	2454126,1
P451	10750,000	25,000	0,00	187,15	0,0	4678,8	0,0	2458804,9
P452	10775,000	25,000	0,00	187,59	0,0	4689,8	0,0	2463494,7
P453	10800,000	25,000	0,00	188,03	0,0	4700,9	0,0	2468195,6
P454	10825,000	25,000	0,00	188,48	0,0	4711,9	0,0	2472907,5
P455	10850,000	25,000	0,00	185,51	0,0	4637,9	0,0	2477545,4
P456	10875,000	25,000	0,00	178,02	0,0	4450,5	0,0	2481995,9
P457	10900,000	25,000	0,00	173,72	0,0	4343,0	0,0	2486338,9
P458	10925,000	25,000	0,00	171,97	0,0	4299,1	0,0	2490638,0
P459	10950,000	25,000	0,00	173,42	0,0	4335,6	0,0	2494973,6
P460	10975,000	25,000	0,00	173,59	0,0	4339,7	0,0	2499313,3
P461	11000,000	25,000	0,00	168,64	0,0	4216,1	0,0	2503529,4
P462	11025,000	25,000	0,00	163,22	0,0	4080,4	0,0	2507609,8
P463	11050,000	25,000	0,00	157,84	0,0	3946,0	0,0	2511555,8
P464	11075,000	25,000	0,00	152,51	0,0	3812,7	0,0	2515368,5
P465	11100,000	25,000	0,00	147,23	0,0	3680,6	0,0	2519049,1
P466	11125,000	25,000	0,00	143,75	0,0	3593,8	0,0	2522642,9
P467	11150,000	25,000	0,00	144,16	0,0	3604,0	0,0	2526246,9
P468	11175,000	25,000	0,00	144,57	0,0	3614,3	0,0	2529861,2
P469	11200,000	25,000	0,00	144,98	0,0	3624,6	0,0	2533485,8
P470	11225,000	25,000	0,00	145,39	0,0	3634,9	0,0	2537120,7
P471	11250,000	25,000	0,00	145,81	0,0	3645,3	0,0	2540766,0
P472	11275,000	25,000	0,00	157,14	0,0	3928,4	0,0	2544694,4
P473	11300,000	21,518	0,00	171,42	0,0	3688,6	0,0	2548383,0
P474	11318,037	9,018	0,00	181,66	0,0	1638,3	0,0	2550021,3

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Matériau	Volume cumulé
BB	28024,6
BETON	7908,3
GB2	86035,1
GNT_0_40	183178,4
TVC	25955,4

Talus Gauche-Droit

Nom du dessin	listing talus
Nom de l'axe	talus
Table associée	ICTAAL L2

Num.	Abscisse	Talus gauche		Talus droit	
		Hauteur	Largeur	Hauteur	Largeur
P01	0,000	0,140	7,082	0,666	8,260
P02	25,000	0,856	8,683	0,501	7,889
P03	50,000	1,082	9,190	0,082	6,954
P04	75,000	1,290	9,655	0,359	7,573
P05	100,000	1,498	10,120	1,415	9,934
P06	125,000	1,592	10,331	1,306	9,689
P07	150,000	1,673	10,512	0,914	8,814
P08	175,000	1,907	11,035	1,568	10,276
P09	200,000	2,330	11,980	2,330	11,980
P10	225,000	2,538	12,445	2,396	12,127
P11	250,000	2,659	12,716	2,244	11,788
P12	275,000	2,665	12,729	2,285	11,878
P13	300,000	2,866	13,178	2,426	12,195
P14	325,000	3,091	13,681	2,855	13,154
P15	350,000	3,489	14,572	3,489	14,572
P16	375,000	3,607	14,836	3,607	14,836
P17	400,000	3,591	14,801	3,448	14,481
P18	425,000	3,521	14,642	3,097	13,696
P19	450,000	3,474	14,537	3,031	13,548
P20	475,000	3,403	14,379	2,861	13,167
P21	500,000	3,480	14,552	2,895	13,243
P22	525,000	3,618	14,861	3,943	15,586
P23	550,000	3,692	15,025	2,656	12,708
P24	575,000	3,704	15,053	2,039	11,329
P25	600,000	3,716	15,080	4,087	15,909
P26	625,000	3,968	15,643	4,135	16,017
P27	650,000	Ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P28	675,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P29	697,570	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P30	700,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P31	725,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P32	750,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P33	775,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P34	800,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P35	825,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P36	850,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P37	856,076	3,847	15,371	2,593	12,569
P38	875,000	2,996	13,469	3,013	13,507
P39	900,000	3,190	13,904	3,665	14,964
P40	925,000	3,713	15,072	3,499	14,593
P41	950,000	3,761	15,180	3,386	14,340
P42	964,242	3,788	15,241	3,415	14,406
P43	975,000	3,809	15,287	3,351	14,262
P44	1000,000	3,857	15,395	3,361	14,286
P45	1025,000	3,905	15,503	3,905	15,503
P46	1050,000	3,953	15,610	3,953	15,610
P47	1075,000	3,864	15,410	4,002	15,718
P48	1100,000	3,487	14,566	4,050	15,825
P49	1125,000	4,201	16,164	4,091	15,919
P50	1150,000	4,104	15,947	4,104	15,947
P51	1175,000	4,085	15,905	4,085	15,905
P52	1200,000	4,035	15,793	4,035	15,793
P53	1225,000	3,954	15,611	3,954	15,611
P54	1231,804	3,926	15,549	3,926	15,549
P55	1250,000	3,841	15,359	3,841	15,359

P56	1275,000	3,701	15,045	3,701	15,045
P57	1300,000	3,556	14,721	3,556	14,721
P58	1325,000	3,411	14,397	3,411	14,397
P59	1350,000	3,266	14,072	3,266	14,072
P60	1375,000	3,121	13,748	3,121	13,748
P61	1400,000	2,976	13,424	2,976	13,424
P62	1425,000	2,194	11,676	2,831	13,100
P63	1450,000	1,806	10,808	2,750	12,919
P64	1475,000	3,541	14,687	2,953	13,373
P65	1500,000	3,266	14,073	2,551	12,474
P66	1525,000	2,764	12,951	2,251	11,803
P67	1550,000	2,246	11,793	2,106	11,478
P68	1575,000	1,961	11,154	1,961	11,154
P69	1600,000	1,816	10,830	1,816	10,830
P70	1625,000	1,671	10,506	1,671	10,506
P71	1650,000	1,823	10,847	1,757	10,698
P72	1675,000	1,930	11,086	2,036	11,324
P73	1700,000	1,676	10,518	1,248	9,561
P74	1725,000	1,147	9,334	1,075	9,173
P75	1750,000	1,076	9,177	1,076	9,177
P76	1775,000	1,037	9,089	1,037	9,089
P77	1800,000	1,174	9,396	1,030	9,072
P78	1825,000	1,530	10,190	1,053	9,125
P79	1850,000	1,108	9,247	1,142	9,324
P80	1875,000	1,194	9,439	1,194	9,439
P81	1900,000	1,311	9,702	1,311	9,702
P82	1925,000	1,446	10,002	1,614	10,378
P83	1950,000	1,580	10,303	1,848	10,902
P84	1975,000	1,715	10,604	1,766	10,718
P85	2000,000	1,849	10,905	1,849	10,905
P86	2025,000	1,984	11,206	1,984	11,206
P87	2050,000	2,118	11,506	2,118	11,506
P88	2075,000	2,253	11,807	2,253	11,807
P89	2100,000	2,387	12,108	2,387	12,108
P90	2125,000	2,521	12,407	2,521	12,407
P91	2150,000	2,633	12,657	2,633	12,657
P92	2175,000	2,713	12,836	2,713	12,836
P93	2200,000	2,762	12,946	2,762	12,946
P94	2225,000	2,780	12,986	2,780	12,986
P95	2250,000	2,696	12,797	2,687	12,778
P96	2269,485	2,499	12,357	2,736	12,887
P97	2275,000	2,526	12,419	2,726	12,864
P98	2300,000	2,295	11,902	2,680	12,764
P99	2325,000	2,155	11,590	2,635	12,663
P100	2347,263	2,083	11,428	2,595	12,573
P101	2350,000	2,071	11,400	2,590	12,562
P102	2375,000	1,812	10,821	2,545	12,461
P103	2400,000	1,836	10,875	2,447	12,241
P104	2425,000	1,961	11,155	2,455	12,259
P105	2450,000	2,086	11,435	2,410	12,158
P106	2475,000	2,211	11,714	2,204	11,698
P107	2492,682	2,300	11,912	1,977	11,191
P108	2500,000	2,320	11,957	1,884	10,983
P109	2525,000	2,056	11,367	1,796	10,785
P110	2550,000	1,736	10,653	1,696	10,563
P111	2575,000	1,416	9,937	1,386	9,868
P112	2600,000	1,139	9,317	1,139	9,317
P113	2625,000	1,094	9,216	1,094	9,216
P114	2650,000	1,049	9,115	1,049	9,115
P115	2675,000	1,004	9,014	1,004	9,014
P116	2700,000	0,959	8,914	0,959	8,914
P117	2725,000	0,914	8,813	0,914	8,813
P118	2750,000	0,868	8,712	0,868	8,712
P119	2775,000	0,823	8,611	0,823	8,611
P120	2800,000	0,778	8,510	0,778	8,510
P121	2825,000	0,734	8,410	0,734	8,410
P122	2850,000	0,709	8,356	0,709	8,356
P123	2875,000	0,717	8,372	0,717	8,372
P124	2900,000	0,682	8,295	0,755	8,458
P125	2925,000	0,607	8,127	0,774	8,500
P126	2950,000	0,573	8,050	0,735	8,414
P127	2975,000	0,573	8,051	0,730	8,402
P128	3000,000	0,604	8,121	0,758	8,466
P129	3025,000	0,666	8,260	0,831	8,628
P130	3050,000	0,760	8,469	0,876	8,729
P131	3075,000	0,899	8,779	0,958	8,911
P132	3100,000	1,041	9,097	1,187	9,424
P133	3125,000	0,987	8,977	1,507	10,139
P134	3137,106	1,009	9,027	1,577	10,296
P135	3146,540	1,028	9,068	1,740	10,660
P136	3150,000	1,037	9,089	1,802	10,800

P137	3175,000	1,222	9,501	2,101	11,467
P138	3200,000	1,586	10,315	2,175	11,634
P139	3225,000	1,950	11,129	2,127	11,526
P140	3250,000	2,314	11,943	2,314	11,943
P141	3275,000	2,676	12,754	2,676	12,754
P142	3300,000	3,016	13,514	3,016	13,514
P143	3325,000	3,325	14,204	3,325	14,204
P144	3350,000	3,602	14,824	3,602	14,824
P145	3375,000	3,848	15,374	3,848	15,374
P146	3400,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P147	3425,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P148	3450,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P149	3475,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P150	3500,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P151	3525,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P152	3550,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P153	3575,000	4,691	17,260	4,691	17,260
P154	3600,000	4,656	17,181	4,656	17,181
P155	3625,000	4,589	17,032	4,589	17,032
P156	3650,000	4,492	16,814	4,492	16,814
P157	3675,000	4,363	16,525	4,363	16,525
P158	3700,000	4,208	16,178	4,208	16,178
P159	3725,000	4,050	15,825	4,050	15,825
P160	3750,000	3,892	15,472	3,892	15,472
P161	3775,000	3,734	15,119	3,734	15,119
P162	3800,000	3,576	14,765	3,576	14,765
P163	3807,262	3,531	14,664	3,531	14,664
P164	3825,000	3,431	14,443	3,431	14,443
P165	3850,000	3,318	14,190	3,274	14,091
P166	3867,422	3,258	14,055	3,101	13,705
P167	3875,000	3,237	14,007	3,032	13,549
P168	3900,000	3,379	14,325	2,908	13,273
P169	3925,000	4,167	16,087	2,931	13,324
P170	3950,000	4,173	16,100	2,995	13,466
P171	3975,000	5,020	17,995	3,007	13,495
P172	4000,000	7,188	25,274	3,211	13,949
P173	4025,000	7,196	25,292	3,587	14,790
P174	4050,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P175	4075,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P176	4100,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P177	4125,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P178	4150,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P179	4175,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P180	4200,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P181	4225,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P182	4250,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P183	4275,000	2,275	11,857	7,275	25,468
P184	4300,000	2,283	11,875	7,283	25,486
P185	4325,000	1,928	11,082	7,291	25,504
P186	4350,000	2,096	11,456	4,299	16,382
P187	4375,000	2,307	11,928	2,639	12,671
P188	4400,000	2,031	11,310	2,956	13,379
P189	4425,000	1,682	10,530	3,389	14,349
P190	4450,000	1,817	10,832	3,973	15,655
P191	4475,000	2,185	11,657	3,891	15,471
P192	4478,765	2,266	11,836	3,862	15,406
P193	4500,000	2,088	11,440	3,975	15,659
P194	4504,751	1,934	11,094	4,023	15,765
P195	4525,000	1,689	10,547	3,826	15,325
P196	4550,000	2,428	12,198	3,736	15,124
P197	4575,000	2,942	13,349	3,862	15,405
P198	4600,000	3,612	14,847	3,987	15,685
P199	4625,000	4,009	15,735	4,113	15,966
P200	4650,000	4,238	16,246	4,238	16,246
P201	4675,000	4,364	16,527	4,141	16,029
P202	4700,000	4,380	16,564	3,604	14,829
P203	4725,000	4,267	16,311	3,586	14,789
P204	4750,000	3,622	14,869	3,622	14,869
P205	4775,000	3,646	14,923	3,646	14,923
P206	4800,000	3,639	14,907	2,880	13,210
P207	4825,000	3,601	14,821	3,601	14,821
P208	4850,000	3,531	14,665	3,785	15,233
P209	4875,000	3,478	14,546	4,226	16,221
P210	4900,000	3,562	14,734	4,191	16,142
P211	4925,000	3,289	14,125	4,149	16,047
P212	4950,000	3,042	13,573	3,924	15,544
P213	4975,000	2,807	13,047	3,834	15,344
P214	5000,000	2,570	12,517	3,082	13,661
P215	5025,000	2,407	12,153	3,553	14,714
P216	5050,000	2,211	11,715	3,404	14,382
P217	5075,000	2,044	11,340	2,915	13,289

P218	5077,551	2,026	11,300	2,900	13,254
P219	5100,000	1,897	11,011	2,678	12,758
P220	5125,000	1,658	10,477	2,550	12,473
P221	5132,238	1,583	10,309	2,561	12,496
P222	5150,000	1,408	9,918	2,240	11,778
P223	5175,000	1,210	9,476	2,599	12,581
P224	5200,000	1,104	9,238	2,752	12,923
P225	5225,000	1,163	9,371	2,879	13,207
P226	5250,000	1,254	9,574	3,114	13,733
P227	5275,000	1,376	9,846	3,376	14,318
P228	5300,000	1,529	10,189	2,944	13,353
P229	5325,000	1,713	10,601	2,845	13,131
P230	5350,000	1,940	11,108	3,087	13,672
P231	5375,000	2,137	11,549	2,348	12,020
P232	5400,000	2,351	12,026	2,351	12,026
P233	5425,000	2,564	12,503	2,558	12,489
P234	5450,000	2,778	12,980	2,765	12,785
P235	5475,000	2,992	13,457	2,972	13,000
P236	5500,000	3,206	13,934	2,355	12,036
P237	5525,000	3,420	14,411	3,179	14,779
P238	5550,000	3,634	14,888	4,103	15,944
P239	5575,000	3,804	15,275	5,674	21,888
P240	5600,000	3,840	15,357	5,976	22,562
P241	5625,000	4,098	15,934	6,512	23,762
P242	5650,000	4,603	17,063	6,887	24,600
P243	5675,000	5,020	17,995	7,286	25,493
P244	5700,000	5,020	17,995	7,394	25,735
P245	5725,000	5,020	17,995	8,263	27,677
P246	5750,000	6,219	23,107	10,660	33,036
P247	5775,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P248	5800,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P249	5825,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P250	5850,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P251	5875,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P252	5900,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P253	5925,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P254	5950,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P255	5975,000	6,256	23,189	4,932	17,798
P256	6000,000	5,014	17,981	5,020	17,995
P257	6013,864	5,020	17,995	4,900	17,727
P258	6025,000	5,020	17,995	4,953	17,844
P259	6050,000	5,020	17,995	5,020	17,995
P260	6075,000	5,020	17,995	5,020	17,995
P261	6100,000	5,020	17,995	5,020	17,995
P262	6125,000	5,020	17,995	5,020	17,995
P263	6150,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P264	6175,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P265	6200,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P266	6225,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P267	6250,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P268	6275,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P269	6300,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P270	6325,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P271	6350,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P272	6375,000	7,390	25,724	5,739	22,033
P273	6400,000	6,947	24,735	5,716	21,982
P274	6425,000	6,681	24,139	5,833	22,244
P275	6450,000	6,546	23,837	5,951	22,507
P276	6475,000	6,409	23,531	6,067	22,768
P277	6500,000	6,243	23,160	6,161	22,978
P278	6525,000	6,224	23,118	6,224	23,118
P279	6550,000	6,256	23,188	6,131	22,909
P280	6558,234	6,259	23,195	5,921	22,441
P281	6575,000	6,070	22,773	5,509	21,520
P282	6600,000	5,881	22,352	5,356	21,177
P283	6625,000	5,688	21,919	5,361	21,188
P284	6650,000	5,489	21,475	5,561	21,635
P285	6675,000	5,299	21,050	5,766	22,093
P286	6700,000	5,555	21,623	5,974	22,560
P287	6725,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P288	6750,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P289	6775,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P290	6800,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P291	6825,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P292	6850,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P293	6875,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P294	6900,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P295	6922,249	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P296	6925,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P297	6950,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P298	6975,000	4,402	16,612	4,496	16,823

P299	7000,000	4,410	16,631	4,410	16,631
P300	7025,000	4,419	16,650	4,419	16,650
P301	7050,000	4,427	16,670	4,427	16,670
P302	7075,000	4,288	16,358	4,436	16,689
P303	7100,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P304	7125,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P305	7150,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P306	7175,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P307	7200,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P308	7225,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P309	7250,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P310	7275,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P311	7300,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P312	7325,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P313	7350,000	4,530	16,899	5,020	17,995
P314	7375,000	4,538	16,918	4,538	16,918
P315	7400,000	4,547	16,937	4,547	16,937
P316	7425,000	4,555	16,956	4,555	16,956
P317	7450,000	4,564	16,975	4,564	16,975
P318	7475,000	4,572	16,994	4,572	16,994
P319	7500,000	4,581	17,013	4,581	17,013
P320	7525,000	4,403	16,615	4,454	16,729
P321	7550,000	4,133	16,011	4,183	16,123
P322	7575,000	3,886	15,458	3,912	15,517
P323	7600,000	3,748	15,151	3,705	15,055
P324	7625,000	3,624	14,873	2,992	13,461
P325	7650,000	3,867	15,416	4,241	16,254
P326	7675,000	4,098	15,932	6,188	23,037
P327	7700,000	4,347	16,490	6,907	24,645
P328	7725,000	4,517	16,870	7,058	24,984
P329	7750,000	6,109	22,860	7,666	26,343
P330	7775,000	7,153	25,195	7,675	26,362
P331	7800,000	7,684	26,381	6,684	24,145
P332	7825,000	7,692	26,400	6,692	24,164
P333	7850,000	7,435	25,826	7,247	25,406
P334	7875,000	6,807	24,421	9,709	30,911
P335	7900,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P336	7925,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P337	7950,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P338	7975,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P339	8000,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P340	8025,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P341	8050,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P342	8075,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P343	8100,000	2,786	13,000	2,910	13,276
P344	8125,000	2,795	13,019	3,054	13,598
P345	8150,000	2,803	13,038	3,095	13,690
P346	8175,000	2,812	13,057	3,085	13,668
P347	8200,000	2,820	13,076	2,820	13,076
P348	8225,000	2,829	13,095	2,829	13,095
P349	8250,000	2,837	13,114	2,837	13,114
P350	8275,000	2,846	13,133	2,846	13,133
P351	8300,000	2,854	13,152	2,854	13,152
P352	8325,000	2,863	13,172	2,863	13,172
P353	8350,000	2,871	13,191	2,871	13,191
P354	8375,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P355	8400,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P356	8425,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P357	8450,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P358	8475,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P359	8500,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P360	8525,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P361	8550,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P362	8575,000	3,948	15,599	6,066	22,764
P363	8600,000	5,007	17,965	5,957	22,520
P364	8625,000	5,020	17,995	5,965	22,540
P365	8650,000	5,020	17,995	5,974	22,559
P366	8675,000	5,020	17,995	5,983	22,578
P367	8700,000	5,020	17,995	5,991	22,597
P368	8725,000	5,020	17,995	5,477	21,447
P369	8750,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P370	8775,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P371	8800,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P372	8801,991	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P373	8825,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P374	8850,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P375	8875,000	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art	ouvrage d'art
P376	8900,000	5,020	17,995	4,599	17,053
P377	8925,000	4,745	17,380	4,292	16,367
P378	8950,000	4,374	16,550	4,076	15,885
P379	8975,000	4,151	16,051	4,085	15,904

P380	9000,000	4,094	15,923	4,094	15,923
P381	9025,000	4,102	15,942	4,102	15,942
P382	9050,000	4,111	15,962	4,111	15,962
P383	9075,000	4,119	15,981	4,119	15,981
P384	9100,000	4,057	15,843	4,128	16,000
P385	9125,000	3,791	15,246	4,061	15,851
P386	9150,000	3,529	14,661	3,931	15,560
P387	9175,000	3,388	14,346	3,797	15,261
P388	9200,000	3,268	14,077	3,775	15,211
P389	9225,000	3,344	14,248	3,819	15,310
P390	9250,000	3,473	14,536	3,858	15,398
P391	9275,000	3,596	14,810	4,011	15,738
P392	9300,000	3,716	15,080	4,192	16,144
P393	9325,000	3,865	15,412	4,205	16,172
P394	9350,000	3,922	15,540	4,213	16,191
P395	9375,000	4,050	15,826	4,222	16,210
P396	9400,000	4,230	16,229	4,230	16,229
P397	9425,000	4,239	16,248	4,239	16,248
P398	9450,000	4,247	16,267	4,247	16,267
P399	9475,000	4,256	16,286	4,256	16,286
P400	9500,000	1,721	10,618	3,516	14,632
P401	9525,000	1,977	11,190	3,273	14,088
P402	9538,909	2,561	12,497	3,278	14,099
P403	9550,000	2,657	12,712	3,282	14,108
P404	9575,000	2,857	13,158	3,290	14,127
P405	9600,000	2,774	12,972	3,299	14,146
P406	9625,000	2,714	12,840	2,844	13,130
P407	9650,000	2,911	13,278	2,316	11,948
P408	9675,000	2,324	11,967	2,324	11,967
P409	9700,000	2,333	11,986	2,333	11,986
P410	9725,000	2,341	12,005	2,341	12,005
P411	9750,000	2,350	12,024	2,350	12,024
P412	9775,000	2,358	12,043	2,358	12,043
P413	9800,000	2,367	12,063	2,367	12,063
P414	9825,000	2,375	12,082	2,375	12,082
P415	9850,000	2,384	12,101	2,384	12,101
P416	9875,000	2,393	12,120	2,393	12,120
P417	9900,000	2,401	12,139	2,401	12,139
P418	9925,000	2,410	12,158	2,410	12,158
P419	9950,000	2,418	12,177	2,418	12,177
P420	9975,000	2,427	12,196	2,427	12,196
P421	10000,000	2,435	12,215	2,435	12,215
P422	10025,000	2,444	12,234	2,444	12,234
P423	10050,000	2,443	12,234	2,452	12,254
P424	10075,000	2,378	12,087	2,461	12,273
P425	10100,000	2,312	11,940	2,429	12,200
P426	10125,000	2,263	11,830	2,379	12,090
P427	10150,000	2,214	11,721	2,331	11,982
P428	10175,000	2,167	11,614	2,298	11,909
P429	10200,000	2,136	11,547	2,270	11,846
P430	10225,000	2,109	11,485	2,242	11,784
P431	10250,000	2,081	11,424	2,215	11,722
P432	10275,000	2,064	11,385	2,198	11,685
P433	10300,000	2,374	12,079	2,232	11,762
P434	10325,000	2,325	11,969	2,353	12,032
P435	10350,000	2,081	11,423	2,205	11,702
P436	10375,000	2,063	11,383	2,202	11,693
P437	10400,000	2,062	11,380	2,201	11,692
P438	10425,000	2,060	11,377	2,200	11,688
P439	10450,000	2,019	11,284	2,133	11,540
P440	10475,000	1,948	11,126	2,062	11,380
P441	10500,000	1,878	10,968	1,991	11,221
P442	10525,000	1,807	10,810	1,919	11,061
P443	10550,000	1,736	10,652	1,656	10,473
P444	10575,000	1,666	10,494	1,632	10,419
P445	10600,000	1,640	10,438	1,640	10,438
P446	10625,000	1,649	10,457	1,649	10,457
P447	10650,000	1,657	10,476	1,657	10,476
P448	10675,000	1,666	10,495	1,666	10,495
P449	10700,000	1,674	10,514	1,674	10,514
P450	10725,000	1,683	10,533	1,683	10,533
P451	10750,000	1,692	10,552	1,692	10,552
P452	10775,000	1,700	10,571	1,700	10,571
P453	10800,000	1,709	10,591	1,709	10,591
P454	10825,000	1,717	10,610	1,717	10,610
P455	10850,000	1,726	10,629	1,574	10,289
P456	10875,000	1,605	10,360	1,421	9,948
P457	10900,000	1,526	10,183	1,331	9,746
P458	10925,000	1,479	10,078	1,308	9,694
P459	10950,000	1,509	10,143	1,336	9,758
P460	10975,000	1,467	10,050	1,365	9,823