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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD d'un tronçon autoroutier du PK80+000 au PK90+000 avec échangeur (Djen-Djen - El Eulma)

Présenté par :

BOUSSAADI Abdelkrim
TIRZI Rania Hadjer

Encadré par :

Mr KARA Benchohra

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Tout d’abord, nous tenons à remercier le Bon Dieu, le Clément et le Miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos parents pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

Nous voudrions également adresser toute notre gratitude à notre encadreur, Monsieur **KARA Benchohra**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à nourrir notre réflexion. Nous le remercions également d'avoir eu confiance en nous et d'avoir accepté de diriger ce mémoire.

Nous exprimons notre gratitude envers l'ingénieur **BENKACEM Teky** et l'ingénieur **RABIA** pour l'aide qu'ils nous ont apportée. Nous remercions chaleureusement Monsieur **HAMADI Kamel**, ainsi que **tous les enseignants** et le personnel de l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, qui ont contribué à notre formation.

À ma camarade **BOUKHADRA Kahina**, nous remercions les membres du jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail. Nous aimerions également exprimer notre gratitude envers tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail. Merci à tous.

Dédicace

Je tiens à remercier le Bon Dieu, le Clément et le Miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.
Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, Fatiha et Ismail, qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin. Ma mère a été à mes côtés et m'a soutenue durant toute ma vie, et mon père s'est sacrifié afin de me voir devenir ce que je suis. Que Dieu le Tout-Puissant les protège et les garde.

Mon frère : Walid

Ma sœur : Imen

A mes amis : Abdou la cheville, Oussama gita, Hakim telek, Abdou 03, Tayeb Bourahla, Mahi, Issam bou nwadher, Djamel, Faycel, Pendrihem Oussama, Feteh, Abdelkader, Hichem Abdelkader yonko, Baba boys.

A mon binôme : Rania.

À tous ceux qui m'ont soutenu et ont été présents pour moi, veuillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

Abdelkrim.

Dédicace

Tout d'abord, je remercie Dieu qui m'a donné le courage pour arriver à cette étape de ma vie. Je dédie ce modeste travail à la lumière de ma vie, ma mère Lamia, qui m'a soutenu durant toute ma vie et surtout durant les moments difficiles.

A mon père Khaled.

A mes grands-parents.

A mon frère : Nazim.

A mes petites toupies : Haythem, Elyne, Elya.

A Ma grand-mère : Makila.

Mon oncle : Reda.

Ma tante : Nesma.

Mes amies : Nourhene, Rayene, Manel, Malek, Souha.

Camarade et amie : Kahina.

Mon binôme : Abdelkrim.

A mon chat : flocon.

À la mémoire de mon grand-père et de mon oncle, que Dieu les accueille dans son vaste paradis.

Rania.

Résumé

Ce mémoire présente une étude avant-projet détaillée (APD) portant sur une section d'autoroute de 10 km à Sétif, située entre le PK 80+000 et le PK 90+000 du projet de la pénétrante reliant le port de Djen-Djen (Jijel) à l'autoroute Est-Ouest (El Eulma, Sétif).

Nous avons réalisé une étude de trafic afin de déterminer le nombre de voies (2x3 voies) et dimensionner corps de la chaussée. Ensuite, nous avons procédé à la conception détaillée du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers de l'axe à l'aide du logiciel AUTOCAD, en respectant les normes de l'ICTAAL (2000). Nous avons également effectué le calcul des volumes de remblais et de déblais.

Un rapport géotechnique et ouvrages en terre (remblais / déblais) a été réalisé pour déterminer les caractéristiques du sol ainsi que sa portance et sa résistance. De plus, une étude hydraulique et d'assainissement a été menée pour identifier les bassins versants existants à l'aide du logiciel GLOBAL MAPPER, et pour dimensionner les buses et les dalots nécessaires en fonction du débit afin d'assurer le drainage de la route.

Une étude de stabilité des talus a été réalisée, ainsi que la conception de l'échangeur et la planification de la signalisation.

Enfin, une évaluation des impacts sur l'environnement de notre projet a été effectuée, ainsi qu'un devis quantitatif et estimatif.

ملخص

هذا البحث يقدم دراسة مفصلة لقسم من الطريق السريع بطول 10 كيلومترات في سطيف، والواقع بين الكيلومتر 000+80 والكيلومتر 000+90 من مشروع الطريق الرابط بين ميناء جن جن في جيجل والطريق السريع الشرق - الغرب في العلمة وسطيف.

قمنا بإجراء دراسة لحركة المرور لتحديد عدد المسارات وتصميم الطريق. بعد ذلك، قمنا بتنفيذ تصميم مفصل للمسار الأفقي والمسار العمودي وقطاع الطريق باستخدام برنامج تصميم الرسومات، مع الالتزام بالمعايير المعمول بها. قمنا أيضًا بحساب كميات الحفر والردم.

أجرينا تقريرًا عن الأرض والهياكل الترابية لتحديد خصائص التربة وقدرتها على التحمل والمقاومة. قمنا أيضًا بإجراء دراسة للتصريف والصرف الصحي لتحديد المجاري الحالية باستخدام برنامج للتحليل الجغرافي، وتصميم الأنابيب والأخاديد اللازمة وفقًا لمعدل التدفق لضمان تصريف المياه على الطريق.

تم إجراء دراسة لاستقرار المنحدرات، بالإضافة إلى تصميم المفترق الطرقي وتخطيط لوحات الإشارة.

أخيرًا، تم إجراء تقييم للتأثيرات السلبية والإيجابية على البيئة لمشروعنا، بالإضافة إلى تقدير الكميات والتكلفة.

Summary

This thesis presents a detailed preliminary design study (APD) of a 10 km section of the highway in Sétif, located between PK 80+000 and PK 90+000 of the project that connects the port of Djen-Djen (Jijel) to the East-West highway (El Eulma, Sétif).

We conducted a traffic study to determine the number of lanes (2x3 lanes) and dimension the roadway. Subsequently, we proceeded with the detailed design of the alignment, longitudinal profile, and cross-sectional profile of the axis using AUTOCAD software, while adhering to the ICTAAL (2000) standards. We also performed calculations for the earthwork volumes.

A geotechnical report on earthworks (embankments/cuttings) was prepared to determine the soil characteristics, bearing capacity, and resistance. Additionally, a hydraulic and sanitation study was conducted to identify existing drainage basins using GLOBAL MAPPER software and to dimension the necessary culverts and drains based on flow rates to ensure proper road drainage.

A stability study of slopes was carried out, along with the design of the interchange and signage planning.

Lastly, an evaluation of the project's negative and positive environmental impacts was conducted, along with a quantitative and cost estimate.

SOMMAIRE :

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 1

I.1 Introduction : 2

I.2 Définition des géotextiles : 2

I.3 Type de géotextiles : 2

I.4 Rôle des géotextiles : 3

I.5 Utilisation dans le renforcement : 5

I.6 Conclusion 6

II. INTRODUCTION ET PRESENTATION DU PROJET .....

II.1 Introduction : 7

II.2 Présentation des wilayas concernées : 7

II.3 Justification du projet et ses objectives : 8

II.4 Sismicité de la zone d'étude : 9

II.5 Climat : 9

II.5.1 Températures moyennes de la ville de Jijel : 9

II.5.2 Températures moyenne de la ville de Sétif : 10

II.6 Hydrographie : 10

II.6.1 Précipitations moyennes (Jijel) : 10

II.6.2 Précipitations moyennes (Sétif) : 10

II.7 Description du projet : 10

II.8 Fiche technique : 10

II.9 Présentation de notre projet de fin d'étude : 11

III. ETUDE DE TRAFIC .....

III.1 Introduction : 12

III.2 Recueil des informations : 12

III.3 Type de trafic : 12

III.4 Application du projet : 14

III.4.1 Calcul TJMA de l'année de mise en service : 14

III.4.2 Calcul TJMA horizon : 14

III.4.3 Calcul trafic effectif : 14

III.4.4 Débit de pointe normale : 14

III.4.5 Débit horaire admissible : 15

III.4.6 Détermination du nombre de voies : 15
III.4.7 Année de saturation : 15
III.4.8 Tableau récapitulatif : 15
IV. ETUDE GEOMETRIQUE
IV.1 INTRODUCTION 16
IV.2 Tracé en plan 16
IV.2.1 Introduction : 16
IV.2.2 Choix de la catégorie 16
IV.2.3 Les éléments du tracé en plan 16
IV.2.4 Les alignements 17
IV.2.5 Arc de cercle 18
IV.2.6 Les courbes de raccordement 18
IV.2.7 Enchainements des éléments du tracé en plan : 19
IV.2.8 Exemple de calcul manuel d'axe de tracé en plan : 19
IV.3 Profil en long : 21
IV.3.1 Introduction : 21
IV.3.2 Eléments géométrique du profil en long : 21
IV.3.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long : 21
IV.3.4 Déclivités 21
IV.3.4.1 Déclivité minimum 22
IV.3.5 Valeurs limites : 22
IV.4 Profile en travers : 24
IV.4.1 Introduction 24
IV.4.2 Éléments du profil en travers : 24
IV.4.3 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS : 25
IV.4.4 Les éléments de profil en travers de notre projet : 25
IV.5 Les cubatures : 26
IV.5.1 Introduction : 26
IV.5.2 Méthode de calcul 27
V. ETUDE GEOTECHNIQUE ET OUVRAGES EN TERRE
V.1 Introduction : 28
V.2 Description géomorphologique du tracé : 28
V.3 Géologie du tracé : 28

V.4 Sismicité de la zone d'étude : 29
V.5 Essais in situ : 29
V.5.1 Description des sondages carottées 30
V.5.2 Essai de pénétration standard : (SPT)..... 31
V.6 Essais de laboratoire : 32
V.7 Interprétations des résultats : 33
VI. Profil géologique 37
VI.1 Zone d'emprunt : 38
VI.2 Conclusion : 39
VII. DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEE .....
VII.1 Introduction : 40
VII.2 Méthodes utilisées : 40
VII.3 Méthode California-Bearing Ration (C.B.R) : 40
VII.4 Méthode du catalogue des chaussée neuves (Novembre 2001) : 42
VII.4.1 Détermination du type de réseau : 43
VII.4.2 Détermination de la portance de sol-support de chaussée : 43
VII.4.3 Répartition transversale du trafic : 43
VII.4.4 Détermination de la classe de portance : 43
VII.4.5 Calcul du trafic cumulé de PL (TCi) 43
VII.4.6 Calcul du trafic équivalent cumulé : (TCEi) 43
VII.4.7 Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée : 44
VII.4.8 Sur classement des sols support de chaussée : 44
VII.4.9 Détermination de la zone climatique : 44
VII.4.10 Choix du type de structure dimensionnement : 44
VII.4.11 Détermination des déformations admissibles : 45
VII.4.12 Vérifications avec ALIZE : 47
VIII. ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT .....
VIII.1 Introduction 48
VIII.2 Les types de dégradation provoquée par les eaux 48
VIII.3 Etude hydrologique : 48
VIII.3.1 Etude des bassins versants : 49
VIII.3.2 La pente moyenne du thalweg 50
VIII.4 Temps de concentration Tc 51

VIII.4.1 Analyse des précipitations : 52
VIII.4.2 Période de retour : 53
VIII.4.3 Coefficient de ruissellement 53
VIII.5 Calcul des débits 53
VIII.5.1 Exemple de calcul : 54
VIII.6 ASSAINISSEMENT 57
VIII.6.1 Le drainage transversal 58
VIII.6.2 Calcul débit de saturation 58
VIII.6.3 Condition à respecter 58
VIII.6.4 Application au projet 59
VIII.7 Système de drainage longitudinale 63
VIII.7.1 Dimensionnement des fosses : 63
IX. STABILITE DES TALUS
IX.1 Introduction 65
IX.2 Objectifs de l'étude 65
IX.3 Type de glissement 65
IX.4 Analyse de stabilité du déblai : 65
IX.4.1 La méthode de calcul : 67
IX.4.2 Paramètre géotechnique : 68
IX.4.3 Facteur de sécurité pour déblai 68
IX.4.4 Interprétation des résultats : 69
IX.5 Analyse de stabilité du remblai : 70
IX.5.1 Paramètre géotechnique : 71
IX.5.2 Facteur de sécurité pour remblai : 72
IX.6 Conclusion : 74
X. CONCEPTION DE L'ECHANGEUR
X.1 Introduction : 75
X.2 Avantages des échangeurs : 75
X.3 Type d'échangeurs : 75
X.4 Eléments d'un échangeur : 75
X.5 Choix du type d'échangeur : 75
X.6 Application au projet : 76
X.6.1 Caractéristiques géométrique des bretelles : 76

X.6.2 Voie d'accélération et de décélération : 76
X.6.3 Pont : 77
XI. SIGNALISATIONS
XI.1 Introduction : 78
XI.2 Importance de la signalisation : 78
XI.3 Types de signalisations : 78
XI.3.1 Signalisation horizontale : 78
XI.3.2 Couleur : 78
XI.4 Signalisation verticale : 81
XI.4.1 Types de panneaux : 81
XI.4.2 Implantation des signaux : 81
XI.5 Dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée : 83
XI.5.1 Dispositifs latéraux en béton (glissière de sécurité) : 83
XI.5.2 Glissière démontable : 83
XII. ETUDE IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
XII.1 Introduction : 84
XII.2 Première phase : Analyse de l'état initial du site 84
XII.2.1 Climat : 84
XII.2.2 Relief et géologie : 84
XII.2.3 Erosion des sols : 84
XII.2.4 Eaux superficielles : 84
XII.2.5 Eaux souterraines : 84
XII.2.6 Milieu humain : 84
XII.3 Deuxième phase : analyse des effets sur l'environnement 85
XII.3.1 La faune et la flore : 85
XII.3.2 Santé publique : 85
XII.4 Contraintes : 85
XII.4.1 Contraintes géotechniques : 85
XII.4.2 Contraintes techniques : 85
XII.4.3 Contraintes sociales : 85
XII.4.4 Contraintes écologiques : 85
XII.5 Impacts positives : 86
XII.6 Impacts négatives : 86

XII.7 Troisième étape : mesures d'atténuation préconisées : 86
XII.8 Conclusion : 86
XIII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 87
XIV. CONCLUSION GENERALE : 90

LISTE DES FIGURES

Figure II-1 Géotextiles tissés 2
Figure II-2 Géotextile non tissés 3
Figure II-3 géotextile pour séparation 3
Figure II-4 Géotextile pour filtration 4
Figure II-5 Géotextile pour drainage 4
Figure II-6 Géotextile pour prévenir l'érosion 5
Figure II-7 Géotextile pour renforcement 5
Figure 0-1 Carte des autoroutes algérienne (source : site internet de l'ADA) 7
Figure 0-2 - Port internationale Djen-Djen sur carte (Source : Google maps) 8
Figure 0-3 Itinéraire (RN77) entre le port Djen-Djen et el Eulma (source : google maps) 8
Figure 0-4 Carte de zonage sismique du territoire national algérien 9
Figure 0-5 Fiche technique du projet 10
Figure III-1 Etapes de détermination du nombre de voies d'une route 12
Figure IV-1 Eléments du tracé en plan 17
Figure IV-2 Raccordement circulaire entre deux alignements du profil en long 22
Figure IV-3 Schéma des éléments constitutifs du profil en travers type 25
Figure IV-4 Les sections des profils en travers d'un tracé donnée 27
Figure V-1 Carte géologie de l'Algérie 29
Figure V-2 Echelle granulométrique 34
Figure V-3 Abaque de CASAGRANDE 35
Figure V-4 Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature 35
Figure V-5 profil géologique au PK 80+100 (déblai) 37
Figure V-6 profil géologique au PK 89+900 (remblai) 38
Figure V-7 Vue globale de la zone d'emprunt (PK90+600) 38
Figure VII-1 Notice d'utilisation de la méthode des catalogues 42
Figure VII-2 Résultats de la simulation avec ALIZE 47
Figure VIII-1 Délimitation des bassins versants par Global Mapper 49
Figure VIII-2 délimitation des bassins versant en 3D 49
Figure VIII-3 Schéma de la buse 59
Figure VIII-4 Schéma du dalot 60
Figure VIII-5 Schéma du fossé trapézoïdal 65
Figure IX-1 Plan géologique de la zone d'implantation du sondage carotté BH-317 67
Figure IX-2 Profil en travers déblai 67
Figure IX-3 Analyse de stabilité en situation non drainée de la section PK 80+128.4506 68

Figure IX-4 Analyse de Stabilité en Situation Drainée de la Section PK 80+128.4506 69
Figure IX-5 Analyse de Stabilité en Situation sismique de la Section PK 80+128.4506 69
Figure IX-6 Plan géologique de la zone d'implantation du sondage carotté BH-83 70
Figure IX-7 profil en travers remblai 71
Figure IX-8 Analyse de Stabilité en Situation Drainée de la Section Pk 89+900 72
Figure IX-9 Analyse de stabilité en situation non drainée de la section PK 89+900 73
Figure IX-10 Analyse de Stabilité en Situation sismique de la Section PK 89+900 73
Figure X-1 Schéma du dispositif d'entrée 77
Figure X-2 Schéma du dispositif de sortie 77
Figure XI-1 Types de flèches 80
Figure XI-2 Glissière en béton 83
Figure XI-3 Glissière démontable 83
Figure XIV-1 Sondage BH-317 118
Figure XIV-2 Sondage BH-148 pa-cs1a 119
Figure XIV-3 sondage BH-148 pa-sc1b 119
Figure XIV-4 BH-425 pa-sc1b 119
Figure XIV-5 sondage BH-148 pa-sc2 120
Figure XIV-6 sondage BH-83 120
Figure XIV-7 Sédiments d'âge Éocène formés de l'alternance de marne et de grès carbonaté 124
Figure XIV-8 Vue d'une faille développée dans l'alternance de marne et de grès 124
Figure XIV-9 Vue des fractures développées dans l'alternance de grès et de marne d'âge Éocène 124

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II-1 But de l'incorporation d'un géotextile dans les couches 6
Tableau III-1 coefficient d'équivalence P des poids lourds (B40) 13
Tableau III-2 Données du trafic 14
Tableau III-3 Récapitulatif de l'étude de trafic 15
Tableau IV-1 Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan 18
Tableau IV-2 Valeurs extrêmes des rayons 18
Tableau IV-3 Caractéristiques du tracé 19
Tableau IV-4 Données de l'axe à calculer 19
Tableau IV-5 Valeurs limites des déclivités et des rayons 22
Tableau IV-6 Données de l'axe à calculer 22
Tableau IV-7 Caractéristiques géométriques du profil en travers 25
Tableau IV-8 Dimensions des éléments du profil en travers type 26
Tableau IV-9 Résultats des volumes déblais/remblai 27
Tableau IV-10 Volumes des matériaux de chaussée **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau V-1 Descriptions des sondages carottées des zones déblais 30
Tableau V-2 Descriptions des sondages carottées des zones remblais 30

Tableau V-3 Résultats et interprétations des résultats de l'essai SPT 31
Tableau V-4 Résultats essais laboratoires (essais physiques) zones déblais 32
Tableau V-5 Résultats essais laboratoires (essais physiques) zones remblais 33
Tableau V-6 Résultats essais CBR 33
Tableau V-7 Classification des sols (zones déblais) 35
Tableau V-8 Possibilité d'utilisation des sols en remblai 36
Tableau V-9 Résultats essais laboratoire sur des échantillons de la zone d'emprunt (PK90+600) 39
Tableau VII-1 Données du projet 40
Tableau VII-2 Données pour la méthode de CBR 41
Tableau VII-3 Coefficients d'équivalence ai 41
Tableau VII-4 Classes des réseaux principaux 43
Tableau VII-5 Classe TPLi pour RP1 43
Tableau VII-6 Valeur du coefficient d'agressivité A 44
Tableau VII-7 Température équivalente selon la zone climatique 44
Tableau VII-8 Performances mécaniques des matériaux bitumineux 45
Tableau VII-9 Risque adopté pour RP1 46
Tableau VII-10 Valeurs de t = f(r%) 46
Tableau VII-11 Comparaisons des déformations admissibles avec Alizé 47
Tableau VII-12 Récapitulatif des structures obtenues 47
Tableau VIII-1 Caractéristique physique du bassin versant. 50
Tableau VIII-2 Courbe Intensité-Durée-Fréquence 52
Tableau VIII-3 valeur du coefficient a en fonction de la période de retour T 52
Tableau VIII-4 Valeur du coefficient de ruissellement 53
Tableau VIII-5 Résultat du calcul d'intensité de pluie 55
Tableau VIII-6 Débit maximal dans les bassins 56
Tableau VIII-7 Débit maximal dans les bassins (OA) 57
Tableau VIII-8 choix du type d'ouvrages hydrauliques transversaux 58
Tableau VIII-9 Vérification des conditions d'auto-curage pour les Buses 60
Tableau VIII-10 dimensionnement des buses 61
Tableau VIII-11 dimensionnement des dalots 62
Tableau VIII-12 dimensionnement des OA 62
Tableau VIII-13 Caractéristiques des sous bassins versants 63
Tableau VIII-14 Coefficient de ruissèlement selon le type de chaussée 64
Tableau VIII-15 Qa des sous bassins versant 64
Tableau IX-1 Compressibilité des zones de déblais 65
Tableau IX-2 Paramètres géotechnique des unités géologique 68
Tableau IX-3 Facteur de sécurité pour déblai 68
Tableau IX-4 Compressibilité des zones de remblais 70
Tableau IX-5 Paramètres géotechnique des unités géologique 72
Tableau X-1Valeurs limites des paramètres du profil en long 76
Tableau X-2 Largeurs des composantes du profil en travers 76
Tableau XI-1 Caractéristiques des lignes longitudinales 79

Tableau XI-2 Caractéristiques de lignes discontinues 80
Tableau XI-3 Type de panneaux de signalisations et leurs formes 81
Tableau XII-1 Impacts sur l'environnement et les mesures préconisées 86
Tableau XIV-1 Essai SPT zones déblais 120
Tableau XIV-2 Essai SPT zones remblais 121
Tableau XIV-3 Essais laboratoire zones déblais 121
Tableau XIV-4 Essais laboratoires zones remblais 123
Tableau XIV-5 valeurs K1 125
Tableau XIV-6 Valeurs K2 125

LISTE DES ABREVIATIONS :

APD	Avant-projet détaillé
BAU	Bande d'arrêt d'urgence
BB	Béton bitumineux
BDD	Bande dérasée droite
BDG	Bande dérasée gauche
CBR	Californian bearing ratio
CDF	Couche de forme
GB	Grave bitume
GBA	Glissière en béton adhérent
GNT	Grave non traité
GTR	Guide des terrassement routier
ICTAAL	Instruction sur les conditions techniques
IP	Indice de plasticité
PK	Point kilométrique
PST	Partie supérieure de terrassement
RN	Route nationale.
RP1	Réseau principal 1
SETRA	Service d'étude sur les transports, les routes et leurs aménagements
SPT	Standard pénétromètre
TCE	Trafic cumulé équivalent
TCi	Classe de trafic
TJMA	Trafic moyen journalier annuel
TN	Terrain naturel
TPC	Terrain plein central
TPLi	La classe de trafic de poids lourd.
U.V.P	Unité de véhicule particulier

INTRODUCTION GENERALE :

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en travaux publics, l'école nationale supérieure des travaux publics (E.N.S.T.P) prévoit chaque année pour ses élevés un projet de fin d'étude à la fin du cycle ingénieur. Ce projet vise à consolider les connaissances théoriques acquises tout au long des cycles de formation et aux stages effectuer dans les différentes entreprises tout au long de la formation, à faciliter l'intégration dans le monde professionnel et à permettre aux étudiants de se familiariser avec les responsabilités et les missions d'un ingénieur d'état en travaux publics.

Dans ce contexte, l'Algérienne Des Autoroutes (ADA) nous a proposé un projet de fin d'étude portant sur une section autoroutière de 10 km. Cette section s'étend du PK 80+0000au PK 90+000 situé dans la commune de Dehamcha, Ain Kbira à Sétif, Ce tronçon s'inscrit dans un itinéraire global de 110 km. Reliant le port Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest au niveau de El Eulma (Sétif) et comprend la conception d'un échangeur au PK 85+700.

Le présent mémoire comprend :

- ✓ Recherche bibliographique
- ✓ Introduction et présentation du projet
- ✓ Etude de trafic
- ✓ Etude géométrique
- ✓ Etude géotechnique et ouvrages en terre
- ✓ Dimensionnement de chaussée
- ✓ Etude hydraulique et assainissement
- ✓ Stabilité des talus
- ✓ Conception de l'échangeur
- ✓ Signalisations
- ✓ Etude impact sur environnement
- ✓ Devis quantitatif et estimatif

Logiciels utilisés :

- ✓ AUTOCAD
- ✓ GLOBAL MAPPER
- ✓ AUTOPISTE
- ✓ ALIZE

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

RENFORCEMENT DES CHAUSSEES A L'AIDE DES GEOTEXTILES

I.1 Introduction :

Pour garantir la durabilité des chaussées routières face à une circulation continue de véhicules, il est primordial de mettre en place des structures adaptées. Le maintien en bon état des chaussées représente un défi de taille pour les autorités routières à travers le monde. Ainsi, il est essentiel de se concentrer sur des techniques d'entretien et de réhabilitation efficaces, permettant de prolonger la durée de vie des chaussées de manière économique et fiable.

Une approche largement utilisée depuis des décennies consiste à intégrer des produits de couche intermédiaire entre les revêtements de la chaussée en asphalte ou en béton. Cette méthode économique permet d'espacer les travaux d'entretien et de prolonger significativement la durabilité de la route.

Dans le cadre de cette recherche, une attention particulière est portée à l'utilisation des géotextiles pour renforcer la structure des chaussées. Les géotextiles sont des matériaux synthétiques résistants qui sont incorporés aux différentes couches de la chaussée afin d'améliorer leur stabilité et leur résistance. Cette approche réduit les dommages causés par la circulation et contribue à augmenter la durée de vie des chaussées.

I.2 Définition des géotextiles :

Les géotextiles sont des matériaux synthétiques spécifiquement conçus pour répondre aux besoins des infrastructures routières ce sont des tissus fabriqués à partir de fibres synthétiques, tels que le polyester ou le polypropylène. Utilisés pour renforcer, séparer, filtrer et drainer les sols et les structures de chaussées, améliorant ainsi leur résistance, leur durabilité et leur capacité de drainage.

I.3 Type de géotextiles :

- **Géotextiles tissés** : produits à partir de fils ou de bandelettes

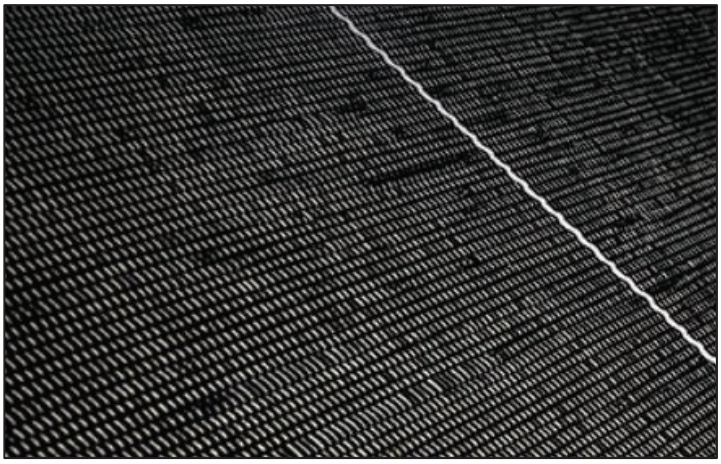


Figure II-1 Géotextiles tissés

- **Géotextiles non-tissés** : produits à partir de fibres agglomérées



Figure II-2 Géotextile non tissés

I.4 Rôle des géotextiles :

✓ **Séparation :**

Les géotextiles sont utilisés fréquemment dans la construction de couches de forme de chaussées, et de sous-remblais. Ils sont positionnés entre deux sols ou deux couches de granulats différentes, empêchant ainsi le mélange des particules tout en permettant le drainage de l'eau.

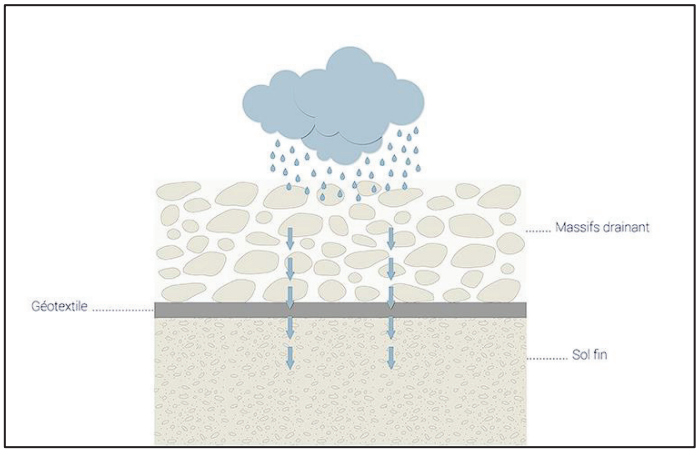


Figure II-3 géotextile pour séparation

✓ **Filtration :**

Les géotextiles favorisent l'infiltration naturelle des eaux de ruissellement tout en évitant l'entraînement des particules fines du sol, prévenant ainsi le colmatage des ouvrages tels que les drains.

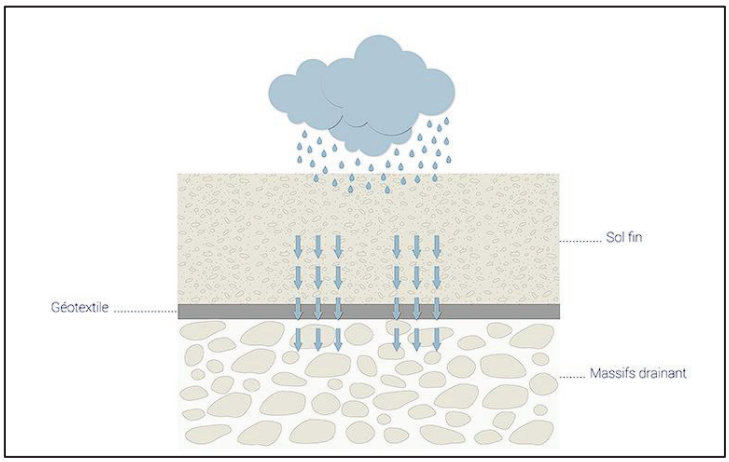


Figure II-4 Géotextile pour filtration

✓ **Drainage :**

Les géotextiles facilitent le drainage directionnel des eaux dans le plan de pose, ce qui est couramment utilisé pour le drainage des fondations, des sols adjacents aux murs verticaux ou des tunnels.

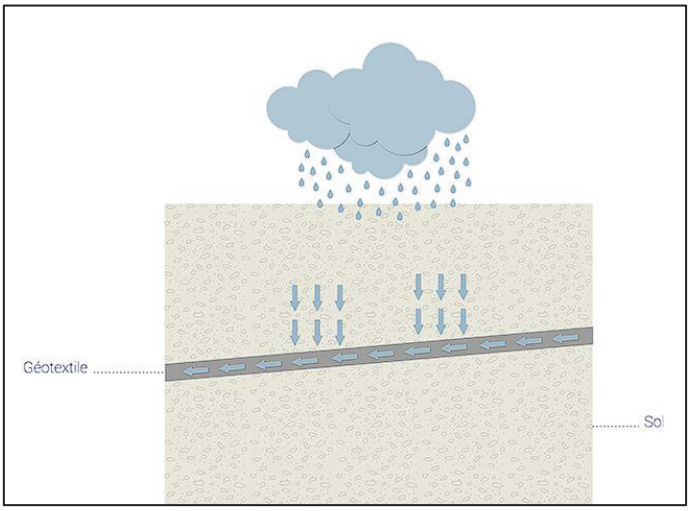


Figure II-5 Géotextile pour drainage

✓ **L'érosion :**

Les géotextiles agissent comme un matelas protecteur en limitant les mouvements causés par le vent et l'eau à la surface du sol et donc prévenir l'érosion sur les pentes de talus avant la végétalisation.

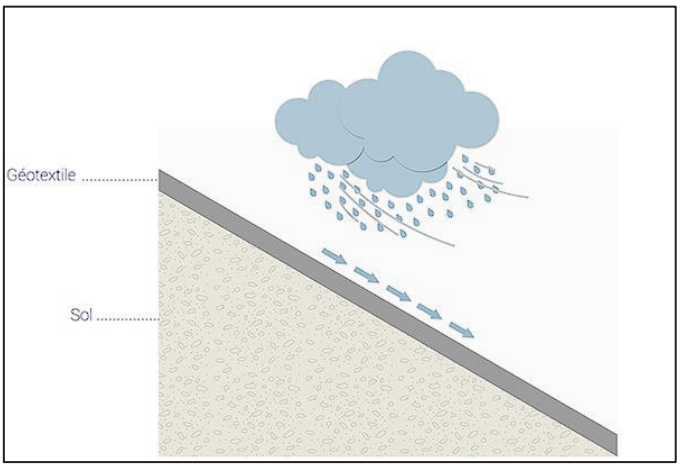


Figure II-6 Géotextile pour prévenir l'érosion

- ✓ **Renforcement :**
  Les géotextiles renforcent la portance des sols sur lesquels ils sont installés, ce qui est particulièrement bénéfique pour les remblais construits sur des sols compressibles.

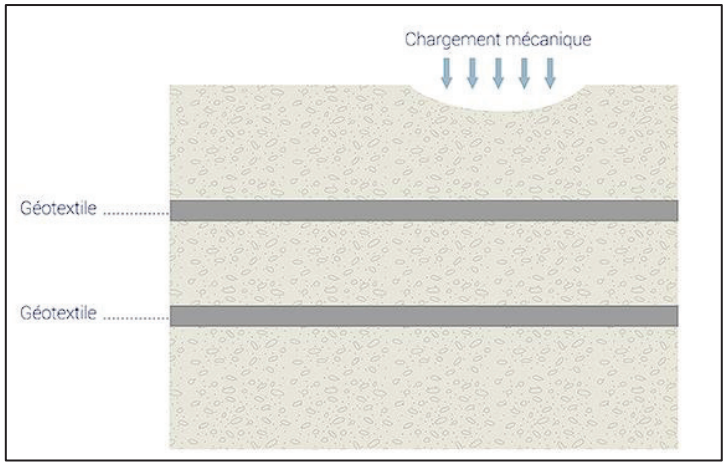


Figure II-7 Géotextile pour renforcement

I.5 Utilisation dans le renforcement :

Le renforcement des chaussées est une stratégie essentielle qui peut prolonger jusqu'à trois fois leur durée de vie en réduisant les fissurations résultants de la fatigue, de la réflexion, des variations de température et des tassements. Cette approche soulage et redistribue les contraintes exercées sur la couche de roulement, permettant ainsi de réduire la déformabilité, d'homogénéiser la répartition de la charge et de prévenir les risques de poinçonnement, tout en augmentant la résistance à la rupture. Les avantages de cette technique comprennent un retard dans l'apparition des fissures, une croissance plus lente, des fissures moins larges, un espacement accru entre les fissures et leur déviation. De plus, le renforcement confère un confinement latéral à l'enrobé, améliorant ainsi la résistance contre la formation d'ornières et de bourrelets.

Les géotextiles sont largement utilisés dans divers projets d'aménagement routier et d'infrastructures linéaires, offrant souvent une alternative technique et économique à d'autres solutions.
L'utilisation de géotextiles dans le revêtement de chaussées permet de sceller la couche d'asphalte, limitant ainsi la propagation des fissures, il est utilisé entre la couche de base et la couche de fondation, entre la couche de fondation et la couche de forme, ou directement dans la couche de base.

Le renforcement d'une chaussée implique l'incorporation d'un géotextile dans l'une de ses couches :

Tableau II-1 But de l'incorporation d'un géotextile dans les couches

Couches	But
Couche de roulement	Renforcement des chaussées contre les déformations.
	Amélioration de la capacité portante.
	Réduction des contraintes de cisaillement sur le sol.
	Limitation de la déformation permanente.
Couches granulaires non liées	Réduction des efforts de traction dans l'asphalte par les armatures.
	Relaxation des contraintes entre les couches pour éviter le transfert des efforts de traction aux couches sous-jacentes.

I.6 Conclusion

En conclusion, les flux routiers occupent une place essentielle dans les transports. Les géotextiles offrent une alternative intéressante pour les entrepreneurs, en réduisant les coûts de construction, de réhabilitation et de maintenance, tout en améliorant la résistance mécanique et la durée de vie des routes. Ils se positionnent comme un choix incontournable et efficace pour la réfection des chaussées, offrant des avantages supérieurs aux méthodes de renforcement traditionnelles.

II. INTRODUCTION ET PRESENTATION DU PROJET

II.1 Introduction :

À l'ère d'un monde en constante évolution, le développement des infrastructures routières occupe une place primordiale pour la connectivité des régions et la progression économique. L'Algérie, pays en plein essor, n'échappe pas à cette réalité.
Le projet de la pénétrante autoroutière **Jijel – Eulma** est l'un des projets prévus dans le schéma directeur routier et autoroutier 2005-2025, ce projet passe par trois (03) Wilaya : Jijel-Mila-Sétif .

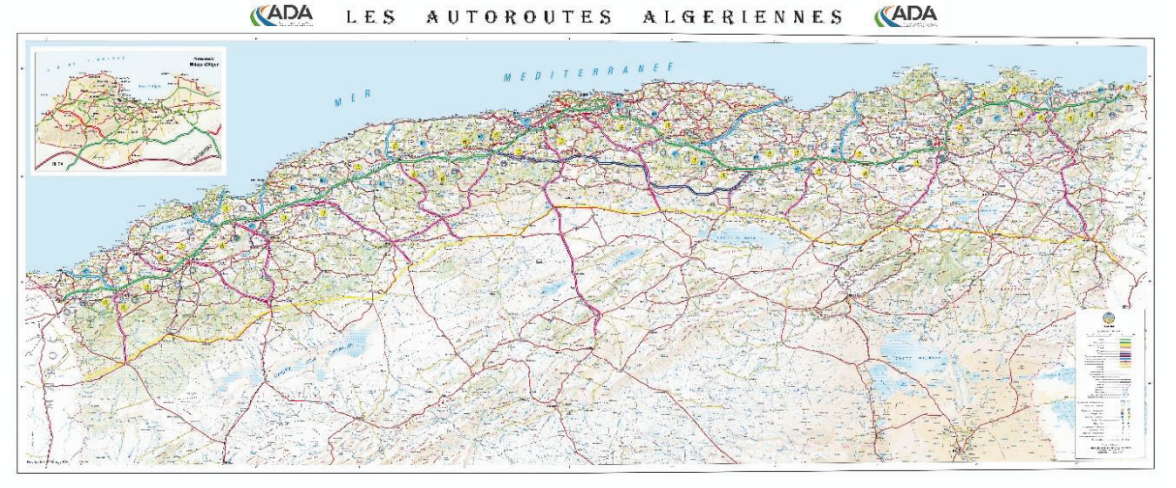


Figure II-1 Carte des autoroutes algérienne (source : site internet de l'ADA)

II.2 Présentation des wilayas concernées :

La région de **Jijel**, située sur les rivages méditerranéens, abrite le port de Djen-Djen, un véritable moteur économique favorisant les échanges commerciaux et le transport de marchandises, il se démarque comme le plus grand port d'Algérie et figure parmi les réalisations portuaires les plus imposantes de la région méditerranéenne. Selon le site officiel du port, en 2022 plus de 3714KMT de tonnage ont été embarqué et 5544KMT de tonnage ont était débarqué, il bénéficie d'une position stratégique idéale, à moins de 50 miles marins de la voie maritime reliant le canal de Suez au détroit de Gibraltar. Cette situation géographique privilégiée confère au port un rôle prépondérant dans les échanges maritimes. Il s'étend sur une vaste superficie de 210 hectares, avec un tirant d'eau allant jusqu'à -18,20m, offrant ainsi des capacités d'accueil exceptionnelles pour les navires de grande envergure.

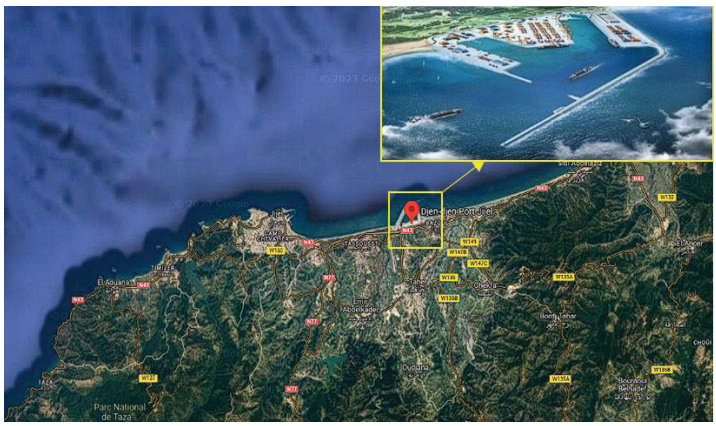


Figure II-2 - Port internationale Djen-Djen sur carte (Source : Google maps)

De son côté, **Sétif**, ville dynamique et prospère, représente le centre économique de la région Est de l'Algérie. Ainsi, la création d'une autoroute reliant ces deux villes revêt une importance capitale en termes de renforcement des liens commerciaux, de facilitation de la mobilité des personnes et des biens, et de stimulation du développement économique régional, sans oublier la liaison d'autant plus importante avec l'autoroute Est-Ouest qui auras les mêmes avantages avec le reste du pays.

II.3 Justification du projet et ses objectives :

Dans cette configuration actuelle, un itinéraire est déjà en place pour relier le port à l'autoroute en passant par plusieurs routes telles que la **RN 43**, la **CW147** et la **RN77**. Cependant, ces routes présentent des limitations qui compromettent une circulation fluide et **répondent difficilement aux besoins croissants du trafic.** Outre les **virages sinueux** et les **passages étroits**, il est important de souligner la **dégradation progressive de la chaussée**.



Figure II-3 Itinéraire (RN77) entre le port Djen-Djen et el Eulma (source : google maps)

Face à ces contraintes, la nécessité de construire une autoroute dédiée se fait ressentir de manière pressante. En établissant une voie express spécifiquement conçue pour relier le port à l'autoroute, il sera possible de **garantir une meilleure fluidité des déplacements**. Cette solution permettra non seulement de **résoudre les problèmes de congestion actuels**, le **gain de temps**, mais également de **répondre aux exigences croissantes du trafic** et de **promouvoir la sécurité routière**.

Ainsi, en envisageant la construction de cette nouvelle autoroute, nous visons à **optimiser la connectivité entre le port et l'autoroute**, en offrant une infrastructure moderne et adaptée aux besoins actuels et futurs. L'objectif est de **faciliter les échanges commerciaux**, de stimuler **le développement économique** de la région et de répondre efficacement aux demandes croissantes de mobilité, tout en veillant à la préservation de la sécurité des usagers de la route.

Pour résumer, le projet aura un **impact positif** sur :

- ✓ Le **développement économique** des wilayas de Jijel, Mila et Sétif, ainsi que sur le renforcement des pôles urbains secondaires tels que Texenna, Djimla et Beni Aziz.
- ✓ La contribution au **désenclavement** de la région.
- ✓ Réduction de l'exode **rural**.
- ✓ **Le tourisme** en exploitant les atouts naturels de la région de Jijel.

II.4 Sismicité de la zone d'étude :

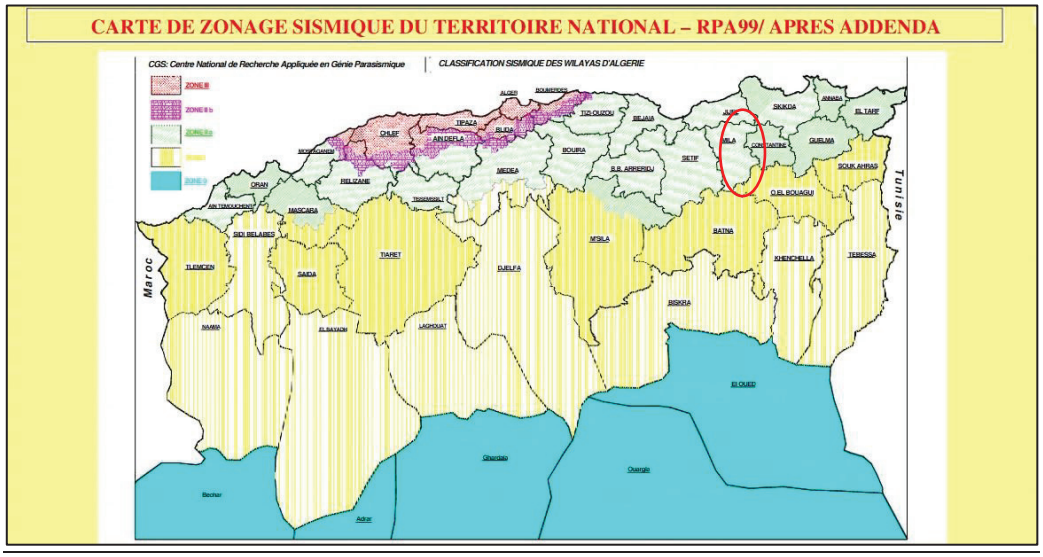


Figure II-4 Carte de zonage sismique du territoire national algérien

D'après la carte de zonage sismique du territoire national **RPA99** notre zone d'étude est **classée -IIa-** considéré comme activité sismique moyenne et donc les accélérations assignées par la norme algérienne, pour ce projet sont **0,25 g** pour le Groupe 1 les liaisons autoroutière (pont stratégique) et **0,20 g** pour le Groupe 2 (pont important)

II.5 Climat :

Jijel bénéficie d'un **climat méditerranéen** avec des hivers doux et pluvieux, des étés chauds et ensoleillés. La ville est située sur la côte méditerranéenne du nord-est de l'Algérie. Parfois, de l'air froid du nord peut provoquer des chutes de neige, principalement dans les collines environnantes. Le vent du désert peut entraîner des variations rapides de température tout au long de l'année.

Sétif a un **climat méditerranéen de transition**, avec des hivers froids et des étés chauds. Il neige en moyenne douze jours par an. La ville est située dans le nord de l'Algérie, à 1 100 mètres d'altitude, à environ 50 km de la côte méditerranéenne

II.5.1 Températures moyennes de la ville de Jijel :

À Jijel, la température moyenne s'établit à 11,6 °C durant le mois le plus froid (janvier), tandis qu'elle atteint 26,0 °C durant le mois le plus chaud (août).

II.5.2 Températures moyenne de la ville de Sétif :

À Sétif, la température moyenne atteint 5,5 °C durant le mois le plus froid (janvier), tandis qu'elle s'élève à 26,3 °C durant le mois le plus chaud (juillet).

II.6 Hydrographie :

II.6.1 Précipitations moyennes (Jijel) :

À Jijel, les précipitations annuelles atteignent 975 millimètres, ce qui les place à **un niveau moyen**. En juillet, le mois le moins pluvieux, elles atteignent seulement 2 mm, tandis qu'en décembre, le mois le plus pluvieux, elles atteignent 170 mm.

II.6.2 Précipitations moyennes (Sétif) :

À Sétif, les précipitations annuelles s'élèvent à 390 millimètres, ce qui les classe dans la catégorie des **faibles précipitations**. En juillet, le mois le moins pluvieux, elles atteignent seulement 13 mm, tandis qu'en avril, le mois le plus pluvieux, elles atteignent 45 mm.

II.7 Description du projet :

Le tronçon du projet commence à proximité du port de Djen-Djen au point kilométrique 0+000, avec une jonction sur la RN43, s'étend sur plusieurs kilomètres vers le sud dans une zone quasi-plate (vallée de l'oued Djen Djen). Ensuite, il tourne vers l'ouest et pénètre dans une zone collinaire, en suivant d'abord la vallée de l'oued Beni Amrane (un affluent de l'oued Mencha), puis traverse la zone montagneuse de Texanna à travers un tunnel. Il franchit ensuite la retenue du barrage de Tabellout via un viaduc majeur. Par la suite, le tracé continue vers le sud en suivant une série de virages pour traverser le massif montagneux de Tamesquida. Plus au sud, à partir de Bou Ammar, l'autoroute emprunte l'axe existant de la RN77, se dirige vers l'amont de la vallée des oueds El Kebir, Dehamcha et Laatache, jusqu'aux hauts plateaux de la ville d'El Eulma, où elle rejoint finalement le tracé de l'autoroute Est-Ouest au point kilométrique 110+500.

II.8 Fiche technique :

Projet : Réalisation de la Pénétrante Autoroutière Reliant le Port de Djen-Djen à l'autoroute Est Ouest - au niveau d'El Eulma sur 110 kms en 2x3 voies.

Localisation du Projet : **JIJEL-MILA-SÉTIF.**

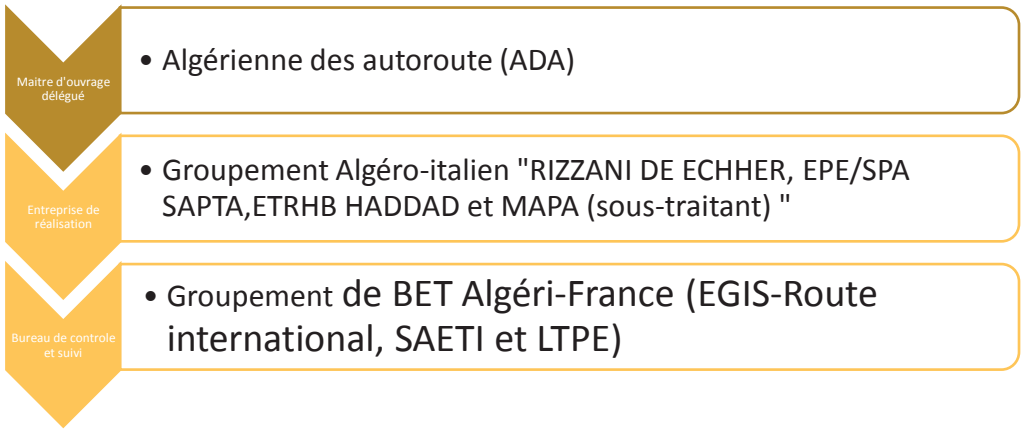


Figure II-5 Fiche technique du projet

II.9 Présentation de notre projet de fin d'étude :

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'étude, axé sur l'étude APD d'un tronçon autoroutier de 10 km (du PK 80+000 au PK 90+000) situé dans la commune de « Dehamcha » à Ain Kbira, Sétif, qui reliera ces deux villes stratégiques en Algérie (Jijel et Sétif) et ainsi le port avec l'autoroute Est-Ouest. L'objectif principal de notre projet de fin d'étude est donc de proposer une conception détaillée de ce tronçon autoroutier, en tenant compte des caractéristiques géographiques, du trafic sur toute la durée de vie de la route, des contraintes environnementales en veillant à minimiser les éventuels impacts négatifs sur l'environnement en proposant des mesures d'atténuation adéquates, prévoir l'assainissement Tout en intégrant la conception d'un échangeur, élément essentiel permettant une fluidité des connexions entre l'autoroute et les voies environnantes (RN77).

III. ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction :

L'étude de trafic vise à mesurer les flux de véhicules d'un réseau routier et à évaluer les impacts d'un projet sur la circulation. Elle prend en compte le volume de circulation, les types de véhicules, l'environnement, la vitesse et la sécurité. Cette étude repose sur la prévision du trafic routier. Son objectif est d'identifier le nombre de voies nécessaires pour accommoder l'ensemble du flux tout au long de la durée de vie de la route, afin d'assurer des conditions optimales de circulation et de sécurité.

III.2 Recueil des informations :

La collecte d'informations dans les études de trafic se divise en données quantitatives (comptages) et qualitatives (enquêtes). Les données quantitatives mesurent le volume de circulation, tandis que les données qualitatives fournissent des détails sur les comportements des conducteurs. Combinez ces deux types de données pour une meilleure compréhension du trafic et des besoins d'aménagement et de sécurité routière.

III.3 Type de trafic :

- **Trafic normal :** volume de circulation régulier
- **Trafic dévié :** se produit lorsqu'il y a une perturbation ou une modification temporaire des itinéraires de circulation.
- **Trafic induit :** augmentation du trafic due à des améliorations ou des extensions d'infrastructures de transport.

Les **(03) étapes** essentielles pour déterminer le nombre de voies nécessaire :

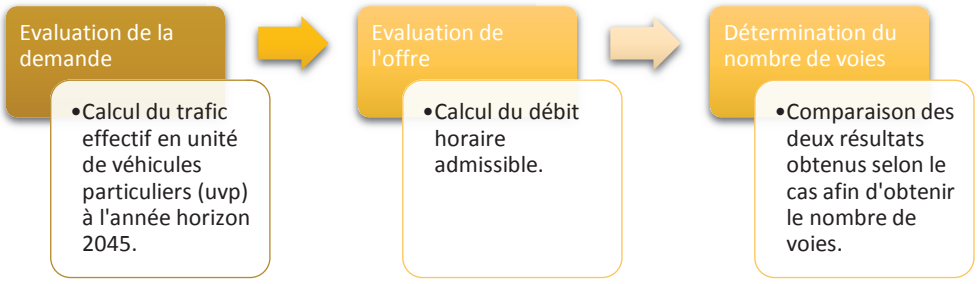


Figure III-1 Etapes de détermination du nombre de voies d'une route

Trafic journalier à l'année horizon :

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

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

Trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1-Z) + Z \times P] \times TJMA_h$$

T_{eff}= trafic effectif à l'année horizon (uvp)
Z : pourcentage de poids lourds.
P : coefficient d'équivalence pour les poids lourds.

Tableau III-1 coefficient d'équivalence P des poids lourds (B40)

Classe d'environnement	E1	E2	E3
Classe d'environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Débit de pointe normale :

$$Q=\frac{1}{n}T_{eff}$$

Q : débit de pointe horaire

1/n : coefficient de pointe. On prend = 0.12 selon le B40 (équivaut à 12% du trafic moyen journalier qui correspond à la vingtième heure)

T_{eff} **:** trafic effectif

Débit horaire admissible :

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

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par voie (c'est la capacité effective qui peut être écoulé par un profil en travers en régime stable).

Nombre de voies :

Dans le cas unidirectionnel :

$$N=S*\frac{Q}{Qadm}$$

Avec

S=2/3 (coefficient de dissymétrie).

Q_{adm} : débit admissible par voie.

Q : Débit de pointe horaire normale.

Année de saturation :

$$Q_{saturation} = Q_{\text{mise en service}} x(1+\tau)^{n}$$

$$Q_{saturation} =3 \text{ x } Q_{admissible}$$

Avec :

$Q_{saturatioin}$: Débit maximale que la route peu supportée.

$Q_{mise\ en\ service}$: Débit de l'année de mise en service

n : Année de saturation.

$$n=\ln\frac{\frac{Qsaturation}{Qmise\ en\ service}}{ln(1+\tau)}$$

III.4 **Application du projet** :

Tableau III-2 Données du trafic

Données du trafic	
Trafic à l'année de comptage (2015)	11410 v/j
Année de mise en service	2025
Durée de vie	20 ans
Coefficient d'accroissement annuel	I=4%
Pourcentage de poids lourds	20 %
Répartition du trafic poids lourds sur voie lente	90%
Vitesse de base	110 km/h
Environnement	E2

III.4.1 Calcul TJMA de l'année de mise en service :

$$TJMA_{2025}=TJMA_{2015}(1+0.04)^{10}$$
$$TJMA_{2025}=11410(1+0.04)^{10}$$
$$\mathbf{TJMA_{2025}=16890\ v/j}$$

III.4.2 Calcul TJMA horizon :

$$TJMA_{2045}=TJMA_{2025}(1+0.04)^{20}$$
$$TJMA_{2045}=16890(1+0.04)^{20}$$
$$\mathbf{TJMA_{2045}=37009\ v/j}$$

III.4.3 Calcul trafic effectif :

$$T_{eff2025}=[(1-Z)+Z \times P] \times TJMA_{2025}$$

On prend **P= 4**

$$T_{eff2025}=[(1-0.2)+0.2 \times 4] \times 16890$$
$$\mathbf{T_{eff2025}=27024\ uvp/j}$$
$$T_{eff2045}=[(1-Z)+Z \times P] \times TJMA_{2045}$$
$$T_{eff2045}=[(1-0.2)+0.2 \times 4] \times 37009$$
$$\mathbf{T_{eff2045}=59215\ uvp/j}$$

III.4.4 Débit de pointe normale :

$$Q_{2025}=0.125 \times 27024$$
$$\mathbf{Q_{2025}=3378\ uvp/h}$$

$$Q_{2045}=0.125 \times 59215$$
$$\mathbf{Q_{2045}=7106\ uvp/h}$$

Prévu pour 2045.

III.4.5 Débit horaire admissible :

D'après le B40

K1=0.85

K2=0.99

C_{th}=1800 uvp/h pour E2 ; C1 chaussée séparée

Alors

$$Q_{adm}=0.99*0.85*1800$$

$$\mathbf{Q_{adm}=1515\ uvp/h}$$

III.4.6 Détermination du nombre de voies :

Cas d'une chaussée unidirectionnelle

$$N=\frac{2}{3}\frac{7606}{1515}=3.35 \text{ voies}$$

$$\mathbf{N=3\ voies\ /\ sens}$$

Donc on aura une route unidirectionnelle à chaussée séparée : 2 x 3 voies.

III.4.7 Année de saturation :

$$Q_{saturation} = Q_{2025}\ x(1+0.04)^{n}$$

$$Q_{2025}=3377 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} =6 \text{ x } Q_{admissible} = 6 \text{ x } 1515 = 9090 \text{ uvp/h}$$

Donc :

$$\mathbf{n=\frac{ln(\frac{9090}{3377})}{ln(1+0.04)}= 25\ ans}$$

Donc notre route sera saturée 25 ans après l'année de mise en service soit en 2050.

III.4.8 Tableau récapitulatif :

Tableau III-3 Récapitulatif de l'étude de trafic

$TJMA_{2015}$ (v/j)	$TJMA_{2025}$ (v/j)	$TJMA_{2045}$ (v/j)	$T_{eff\ 2045}$ (uvp/j)	Q_{2045} (uvp/h)	Nombre de voies	Année de saturation
11410	16890	37009	59215	7106	3	2050

IV. ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par :

- Trois groupes d'élément qui sont :
- Tracé de l'axe en plan
- Tracé du profil en long
- Tracé du profil en travers

IV.2 Tracé en plan

IV.2.1 Introduction :

Le tracé du plan est une succession de lignes droites reliées, représentant la projection de l'axe routier. Les caractéristiques de l'aménagement garantissent une conduite confortable et stable selon le code de la route. Les règles de conception sont tirées de l'ICTAAL.Règles à respecter dans le tracé en plan :

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques. Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

IV.2.2 Choix de la catégorie

La catégorie L1 : appropriée en région de plaine ou vallonnée ou les contraintes de relief sont modérées

La catégorie L2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économique et environnementaux qu'il implique

- L1 :130 Km/h
- **L2 : 110 Km/h (notre projet)**

IV.2.3 Les éléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements)
- Des arcs de cercle
- Des courbes de raccordement progressives

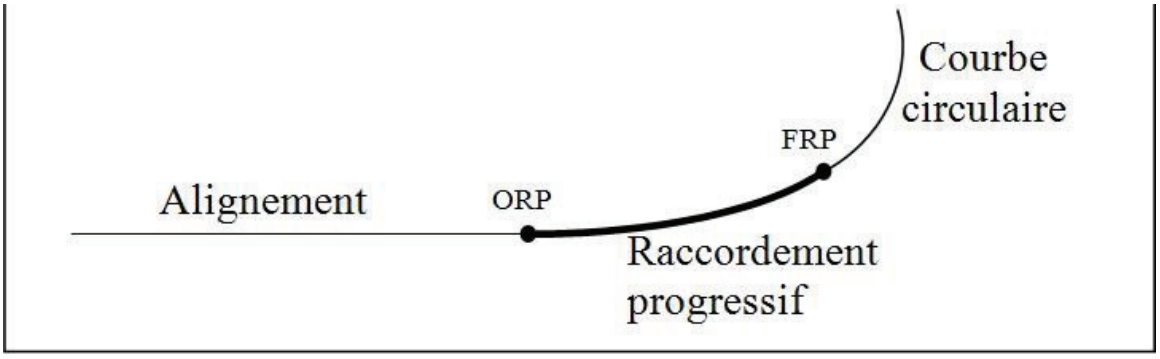


Figure IV-1 Eléments du tracé en plan

ORP : Origine du raccordement

FRP : Fin du raccordement progressif

IV.2.4 Les alignements

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles

Il existe toutefois des cas ou l'emploi d'alignement est justifié :

- En plaines où les sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base
- Des sinuosités précédents et suivante d'alignement
- Du rayon de courbure de ces sinuosités

IV.2.4.1 Règle à respecter

La longueur minimum Lmin :

L_{min}= 5 x V_B/3.6 avec V_B :110Km/h

Tableau IV-1 Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan

Catégorie	L2
Vitesse de bases $V_{B(}$Km/h)	110
La longueur minimum L_{min}	153

IV.2.5 Arc de cercle

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe. Selon les normes ICTAAL les valeurs des rayons liées à la catégorie L2

IV.2.5.1 Règle à respecter

Tableau IV-2 Valeurs extrêmes des rayons

Catégorie	L1	L2
Rayon minimal (Rm)	600m	400m
Rayon minimal non déversé (Rnd)	1000	650

- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons
- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux a 1.5 Rnd est souhaitable afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visible

IV.2.6 Les courbes de raccordement

Lorsqu'une ligne directe est reliée à une courbe par un arc de cercle, il est important de tenir compte de la vitesse des véhicules. Dans un virage à rayon de courbure constant, les véhicules subissent une force centrifuge inversement proportionnelle au rayon R. Pour permettre une transition en douceur entre l'alignement droit et la courbe, il est nécessaire d'utiliser un raccordement progressif. Ce raccordement permet également de passer en douceur du dévers de chaussée en ligne droite au dévers de chaussée en courbe.

IV.2.6.1 Rôle et nécessité :

- ✓ Stabilité transversale des véhicules.
- ✓ Confort des passages en véhicules.
- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

IV.2.6.2 Type de courbe de raccordement :

a) **Parabole cubique** : utilise dans les tracés de chemin de fer

b) Lemniscate : Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c) Clothoïde : C'est une spirale dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

IV.2.7 Enchainements des éléments du tracé en plan :

D'après l'« ICTAAL 2000 » :

Des courbes circulaires de rayon modéré (<1,5 Rnd) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchainement du tracé en plan ci-après :

Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1000 (m) à l'aide de courbes de plus grand rayon, dans ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire la condition : R=1,5R2, ou R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5Rnd) celui de la seconde, celle recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.

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

Tableau IV-3 Caractéristiques du tracé

Paramètre	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence (km/h	Vr	110
Longueur minimal (m)	L_{min}	153m
Devers maximal (%)	D_{max}	7%
Devers minimal (%)	D_{min}	2.5%
Rayon minimal (m)	R_{min}	400
Rayon divers normal (m)	Rnd	650

IV.2.8 Exemple de calcul manuel d'axe de tracé en plan :

Tableau IV-4 Données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	GISMENT
A(x,y)	737097,616666	4033297,007271		231.688
S(x,y)			1000	
B(x,y)	736718,082101	4032482,315761		210.380

R=1000m>Rnd=975m ⟹ donc le calcul se fait pour un rayon sans Clothoïde

- **Calcul des gisements :**

$$G_A^B = \text{Arctan}\left(\frac{\Delta xAB}{\Delta yAB}\right)=27.75gr$$

- **Calcul des angles aux sommets :**

Angle Â=$G_A^S - G_A^B$=203.938

Angle B=$G_A^B - G_S^B$=182.63

ϒ=G_A^S- G_S^B=21.308gr

Angle S=200 − ϒ=178.692gr

- **Calcul des distances :**

|ΔxAB|=|xB-xA|= 379,535

|ΔyAB|=|yB-yA|= 814,692

Distance AB=$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$=898.76m

Distance AS=$\frac{AB.SinB}{SinS}$ =737.290m

T1=T2=T=R.tg($\frac{\gamma}{2}$)=168.932m

- **Calcul des coordonnées du sommet S :**

Xs=XA+D(AS). Sin (G_A^S)=736745.5952m

Ys=YA+D(AS). Sin (G_A^S)=4032944.986m

S(736745.5952m , 4032944.986m)

- **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

Le point A' :

$X_{A'}$=X_S+T.sin(G_S^A)= 736664.9381m

$Y_{A'}$=Y_S+T.cos(G_S^A)= 4032796.553m

Le point B' :

$X_{B'}$=X_S+T.sin(G_S^B)= 736718.1729m

$Y_{B'}$=Y_S+T.cos(G_S^B)= 4032778.295m

- **Calcul des coordonnées du centre M :**

$$G_{A'}^{M}=300+G_{A}^{S}=509.0468\text{gr}$$

$$X_M=X_{A'}+R.\sin(G_A^M)= 737654.8579$$

$$Y_M=Y_{A'}+R.\cos(G_A^M)=4032782.39$$

IV.3 Profil en long :

IV.3.1 Introduction :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des cercles

IV.3.2 Eléments géométrique du profil en long :

- Ligne droite (déclivité)
- Arcs de cercle tangent aux droites (convexe et concave)
- Les droites ascendantes dans le sens du kilométrage (les rampes) les descendantes (pentes)

IV.3.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- ✓ Eviter les angles entrants en déblai, afin d'éviter la stagnation des eaux et assurer leurs écoulements.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage. Pour assurer un bon écoulement des eaux.
- ✓ On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.3.4 Déclivités

On appelle une déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

IV.3.4.1 Déclivité minimum

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de 0,5 et de préférences 1 si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux des pluies le long de la route au bord de la chaussée.

I_{min}=0.5%

IV.3.4.2 Déclivité maximum

Du point de vue technique, la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée, ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourd) qui sont déterminant, car la plupart des PL ont une grande réserve de puissance

I_{max}=6% (selon ICTAAL)

IV.3.5 Valeurs limites :

Tableau IV-5 Valeurs limites des déclivités et des rayons

Catégorie	L2
Déclivité minimal	0.5%
Déclivité maximal	6 %
Rayon minimal en angle saillant	6000 m
Rayon minimal en angle rentrant	3000 m

Les points du profil en long :

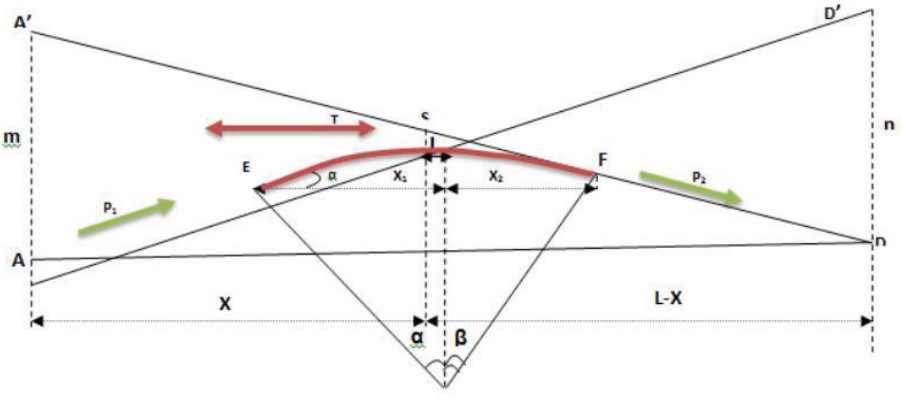


Figure IV-2 Raccordement circulaire entre deux alignements du profil en long

Tableau IV-6 Données de l'axe à calculer

Point	X	Z	Pente	Rayon
A	79571.060	590.691	0.883%	

S	/	/	/	7000
D	80640.096	582.155	0.722%	

- **Calcul des coordonnées des points :**

Point A' :

$X_{A'}=X_A=79571.060m$

$Z_{A'}=Z_D-\Delta X_{AD}.|P2|=574.436m$

Point D':

$X_{D'}=X_D=80640.096m$

$Z_{D'}=Z_A-\Delta X_{AD}.|P1|=581.251m$

Point S :

$X_S=X_A+\frac{\Delta XAD.\Delta ZAA'}{\Delta ZAA'+\Delta ZDD'}=80583.7752m$

$Z_S=Z_A-\Delta X_{AS}.P1=581.749$

- **Calcul des tangentes :**

$$T=\frac{R}{2}.(|P1|+|P2|)=56.175m$$

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

Point B :

XB=XS-T=> XB=80527.6002m

ZB=ZS-T. |P1|=>ZB=581.253m

B (80527.6002m, 581.253m)

Point C :

XC=XS+T=> XC=80639.9502m

ZC=ZS-T. |P2|=>ZC=581.343m

C (80639.9502m, 581.343m)

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

$$L=2xT=112.35m$$

- **Calcul de la flèche :**

$$H=\frac{T^2}{2.R}=0.538m$$

- **Calcul des cordonnées du point J :**

$$Xj/A=R.P1=61.81$$

$$Zj/A= Xj/A.P1-\frac{(Xj/A)^2}{2.R}=0.273m$$

$$Xj=XB+ Xj/A = 80589.4102m$$

$$Zj=ZB- Zj/A=580.98m$$

IV.4 Profile en travers :

IV.4.1 Introduction

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan verticale, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler, elle comprend aussi plusieurs voies, dont le choix est déterminé. Le choix du profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies.

On distingue trois types :

- Profil en remblai.
- Profil en déblai.
- Profil mixte

IV.4.2 Éléments du profil en travers :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

- **Emprise** : C'est la surface de terrain naturel affecté à la route et à ses dépendances (talus, chemin de désenclavement, exutoires, etc…) limitée par le domaine public.
- **Assiette** : C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route, délimitée par les terrassements.
- **Plateforme** : Elle comprend là où les chaussées, les accotements et éventuellement le terre-plein central.
- **Chaussée** : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.
- **Accotement** : Ce sont les zones latérales de la plateforme que borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou sur élevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

    - Une bande de guidage.

- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

- **Terre-plein central** : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

  - Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).
  - Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- **Fossé** : Ouvrage hydraulique destinés à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

T.P.C : Terre-Plein Central

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.

Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivant :

- **Voie de circulation 2 × 3 :** On a 6 voies de 3,5 m donc la largeur totale sera 21 m.
- **Terre-plein central (TPC) :** bande médiane de 0.5 m avec les deux bandes dérasées de 0,5 m pour chacune, donc la largeur de TPC = 1,5 m.
- L'**accotement** : la berme de 1 m pour chaque côté donc on aura en total 2 m.

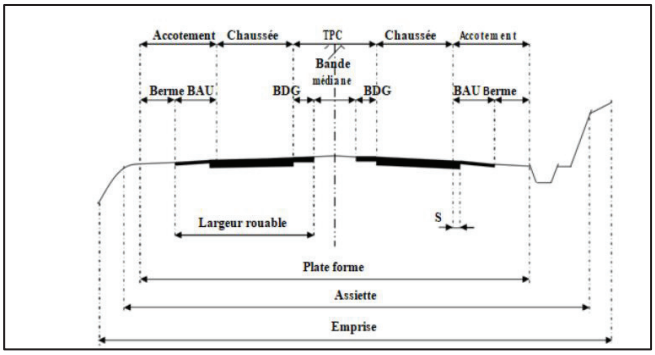


Figure IV-3 Schéma des éléments constitutifs du profil en travers type

IV.4.3 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

- **Profil en travers type** :il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situation (remblai déblai mixte).
- **Profil en travers courant : C'est** une pièce de base dessinée dans les projets à distance régulières qui servent à calculer les cubatures.

IV.4.4 Les éléments de profil en travers de notre projet :

Tableau IV-7 Caractéristiques géométriques du profil en travers

Nombre de voies	2x3
Largeur de voie	3.5m
Dévers minimum	d(%) 2.5
Dévers maximum	d(%) 7

Remarque : pour notre cas le dévers est le même dans tout le tracé car les rayons utilisés sont supérieurs au rayon minimum sans courbe de transition. D'où le dévers est stable sur tout le tracé

Tableau IV-8 Dimensions des éléments du profil en travers type

Déscription	Largeur	Nombre	Largeur totale
Voie de circulation	3.5	6	21.0
Terre-plein centrale (T.P.C)	3.0	1	3.0
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1.0	2	2.0
Bande médiane (B.M)	1.0	1	1
Accotement	4.0	2	8.0
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3.0	2	6.0
La berme	1.0	2	2.0
Totale			32
Devers en section droite ou en courbe			
Chaussée		2.5 %	
Bande dérasée de gauche (B.D.G)		Identique à celle de la chaussée	
Bande d'arrêt d'urgence		Identique à celle de la chaussée	
Berme extérieure		8 % vers l'extérieur	

IV.5 Les cubatures :

IV.5.1 Introduction :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente a la ligne projet

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.

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

IV.5.2 Méthode de calcul

La méthode que nous allons utiliser c'est celle de la moyenne des aires à l'aide du logiciel « **Auto piste** ».

Description de la méthode :

La formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

$$V=\frac{h}{6}(S_1+S_2+4S_{moy})$$

Avec :

H : hauteur entre deux profils

S_1etS_2 : la hauteur des profils en travers P1 et P2

S_{moy} : Surface limité a mis distance des profils

S_{moy} : surface intermédiaire

On prend en considération que $S_{moy}= \frac{S1+S2}{2}$

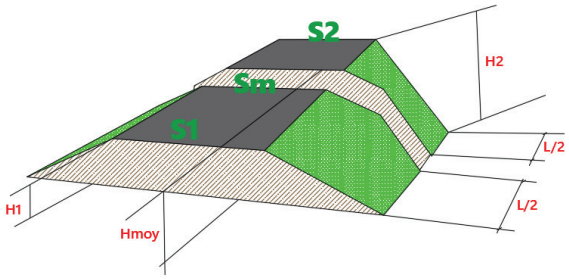


Figure IV-4 Les sections des profils en travers d'un tracé donnée

Résultats de notre projet :

Les volumes totaux des cubatures et des matériaux utilisés sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau IV-9 Résultats des volumes déblais/remblai

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
2668330,7	1998648,3

V. ETUDE GEOTECHNIQUE ET OUVRAGES EN TERRE

V.1 Introduction :

Afin d'assurer la stabilité et la sécurité d'une route, l'étude géotechnique est primordiale ; Le programme géotechnique d'un projet vise à comprendre les différents types de sols sur lesquels les divers éléments du projet seront construits. Il comprend l'étude des éléments suivants liés à la route :

- Caractéristiques géotechniques des matériaux rencontrés le long de la route.
- Capacité portante du sol.
- Fournitures des données pour la conception du corps de chaussée.
- Construction de la plateforme.
- Géométrie et stabilité des talus.
- Caractérisation dès la nature matériaux extrait (meuble, dur ou semi dure).
- Tassements causés par les remblais.
- Réutilisation des matériaux extraits lors des fouilles.

L'étude est faite à l'aide de plusieurs moyens de reconnaissances :

- La consultation des différentes archives, tout ce qui est cartes topographiques, études précédentes, données historique… etc.
- Des visites sur le site du projet.
- Essais : laboratoires + in situ.

V.2 Description géomorphologique du tracé :

Le tracé traverse un relief relativement plat qui a été façonné par l'érosion. Les versants ont une forme concave. Au début de la première partie du tracé, on observe une plus grande influence des processus de ravinement et d'érosion de surface, ce qui accentue la pente des versants naturels. Cependant, ces phénomènes s'atténuent naturellement vers la fin de cette section en raison de la présence de formations plus résistantes. Les thalwegs, profondément ravinés, en sont la preuve. Le cours d'eau dans la région présente un régime torrentiel typique, et le drainage naturel s'effectue par l'oued Dehab.

Les pentes des versants naturels varient généralement entre 20 et 30 degrés, devenant plus abruptes vers la fin de la première partie du tracé. En revanche, la deuxième partie du tracé présente une topographie plus régulière. On remarque que les terres sont plates et principalement utilisées à des fins agricoles.

V.3 Géologie du tracé :

Le trajet est situé sur 7 unités géologiques différentes déposées entre l'âge Crétacé-Paléocène et l'âge Quaternaire entre 78+000 et 93+040 de l'autoroute Jijel – El Eulma. Ces unités sont cartographiées en sédiments marin d'âge Crétacé-Paléocène (Pacs), sédiments marins d'âge Eocène supérieur (Ei), sédiments marins et lacustres et sédiments alluvionnaires de différents types d'âge Quaternaire.

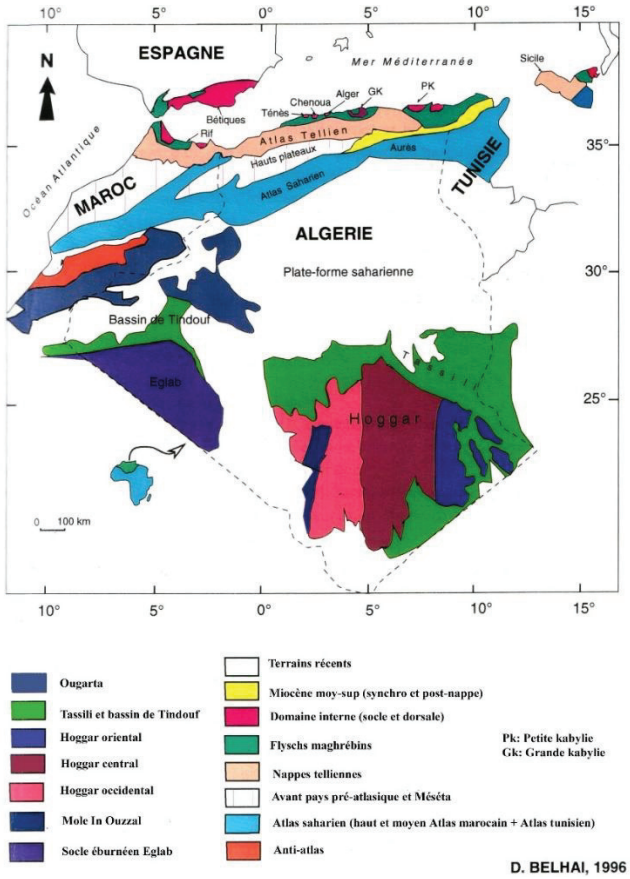


Figure V-1 Carte géologie de l'Algérie

V.4 Sismicité de la zone d'étude :

D'après la carte de zonage sismique du territoire national RPA99 notre zone d'étude est classée **-IIa-**

Activité sismique : moyenne

Les **accélérations** assignées par la norme algérienne :

- **0,25 g** pour le Groupe 1 les liaisons autoroutière (pont stratégique)
- **0,20 g** pour le Groupe 2 (pont important)

V.5 Essais in situ :

Les essais in situ suivant on étaient réalisés :

- Forages carottés réalisés pour les remblais et pour les déblais.
- Essais pénétrométriques SPT.

Sondages de recherche :

114 sondages de recherche de sol ont été réalisées sur la zone d'examen dans le cadre des travaux d'études.

V.5.1 Description des sondages carottées

Zones déblais :

Tableau V-1 Descriptions des sondages carottées des zones déblais

N° sondage	PK	Type de zone	Description		
			Epaisseur (m)	Unité	Age
BH-317	80+173	Déblai (PK80+120–80+300)	Entre 2,5 30 max	Alternance de Grès/Argilite très faible, très décomposée, de couleur gris (Ei1)	Eocène
BH-148	80+890	Déblai (PK80+770–81+300)	Entre 3 et 8	Argile partiellement gravelé	Paléocène-Crétace
BH-425	83+500	Déblai (PK 83+321-83+800)		Grès/argilite extrêmement faible	Paleocene-Cretace

Zones remblais :

Tableau V-2 Descriptions des sondages carottées des zones remblais

N° sondage	PK	Type de zone	Description		
			Epaisseur (m)	Unité	Age
BH-83	89+861	Remblai (PK89+750-89+986)	0,00-3,50	Argile contenant des fragments de rocher d'argilite	Paleocene-Cretace
			3,50-12,50 m	Alternance de gres-argilite très faible, généralement très/moyennement décomposé	
			A partir de 12,50 m	Rochers en alternance de gres/argilite très	

				faible/faible, peu/moyennement décomposé	

V.5.2 Essai de pénétration standard : (SPT)

Zones déblais :

Tableau V-3 Résultats et interprétations des résultats de l'essai SPT

BH N°	Profondeur(m)	SPT (N)	Unit	Résistance du sol	Description
BH-317	2,00 – 2,33	R	Ei1		Argilite (généralement argilisé) et grès très/totalement décomposé, de couleur gris/gris foncé.
BH-148	2,00 - 2,45	13	pa-cs1a	Faible	Argile solide/très solide, de couleur marron/gris (rocher totalement décomposé)
	4,00 - 4,45	86	pa-cs1a	Elevée	
	6,00 - 6,27	R	pa-cs1a		
	9,00 - 9,45	62	pa-cs1b	Elevée	Argilite (généralement argilisé) et grès très/totalement décomposé, de couleur gris/gris foncé.
	12,00 - 12,45	64	pa-cs1b	Elevée	
	14,00 - 14,45	43	pa-cs1b	Modérée	
	16,00 - 16,38	R	pa-cs1b		
	18,00 - 18,21	R	pa-cs1b		
	20,00 - 20,27	R	pa-cs1b		
	22,55 - 23,00	40	pa-cs1	Elevée	Alternance de grès carbonaté et d'argilite/marne faible/moyennement solide, frais/peu décomposé, de couleur gris/gris foncé.
BH-425	2,00 – 2,45	23	Pa-sc$_{1b}$	Modérée	Argilite (généralement argilisé) et grès très/totalement décomposé, de couleur gris/gris foncé
	4,00 – 4,45	41	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	6,00 – 6,45	45	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	8,00 – 8,45	41	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	10,00 – 10,45	48	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	12,00 – 12,45	50	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	14,00 – 14,45	54	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	16,00 – 16,45	59	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	
	18,00 – 18,45	77	Pa-sc$_{1b}$	Elevée	

	20,00 - 20,45	88	Pa-sc_{1b}	Elevée	
	22,00 – 22,45	94	Pa-sc_{1b}	Elevée	

Zones remblais :

BH N°	Profondeur(m)	SPT (N)	Unit	Résistance du sol	Description
BH-173	3,00 – 3,45	10	Qan_1	Faible	Argile solide/très solide, partiellement gravelé et sablonneux, de couleur marron/jaunâtre
	6,00 – 6,45	20	Qan_1	Modérée	
	9,90 – 10,35	24	Qan_1	Modérée	
	13,15 – 13,60	68	Qan_1	Elevée	
BH-83	3,00 – 3,42	R	Pa-sc_{1b}		Argilite (généralement argilisé) et grès très/totalement décomposé, de couleur gris/gris foncé

V.6 Essais de laboratoire :

Zones déblais (essais physiques)

Tableau V-4 Résultats essais laboratoires (essais physiques) zones déblais

N° Sondage	Profondeur (m)	Teneur en eau (%)	Densité apparente sol (t/m3)	Granulométrie				Limite d'Atterberg
				Restant %>4.75mm	Passante %<0.075 mm	WL	WP	IP
BH-317	3.80-4.10	15.17	2.026	4.28	48.84	42.1	20.2	21.88
BH-148	2,00 -2,45	26.57		0	95.56	57.7	30.9	26.81
	6,70 -7,00	19.01	2.044	4.73	72.19	46.1	25.4	20.68
	15,30-15,70	15.79	2.068	13.45	41.85	46	25.4	20.61
	23,70-24,00	23.22	2.017	2.89	77.11	45.8	28.3	17.56
BH-425	2,90-3,20	22,54	2,085	0,19	97,39	71,0	32,3	38,74
	5,10-5,50	23,89	2,062	0,14	95,58	71,6	32,7	38,95

	17,00-17,40	19,05	2,033	0	96,69	48,5	25,4	23,14
	23,00-23,45	18,31	2,081	1,54	79,36	53,5	24,8	28,7

Zones remblais (essais physiques)

Tableau V-5 Résultats essais laboratoires (essais physiques) zones remblais

N° Sondage	Profondeur De	Teneur en eau W (%)	Densité apparente sol (t/m3)	Granulométrie		Limite d'Atterberg		
				Restant %>4.75mm	Passante %<0.075 mm	WL	WP	IP
BH-173	5,25-5,45	18.22	1.977	10.10	62.15	40.7	25.3	15.39
	8,90-9,20	8.88	1.966	4.33	52.76	42.1	24.2	17.88
	13,15-13,60	12.85		43.30	16.67	41.5	26.2	15.27

Essais CBR (essai mécanique)

Tableau V-6 Résultats essais CBR

N°	PK	Profondeur	CBR (%)
BH-317	80+173	3	4.72
BH-173	80+890	2.5	4.13
BH-425	81+690	2.5	5.22

V.7 Interprétations des résultats :

Essai in situ :

- **Essai SPT :**

Les résultats de l'essai SPT donne le nombre N qui diffère pour chaque profondeur :

- **N<15 : indique une faible résistance du sol**
- **15<N<30 : indique une résistance modérée du sol**
- **N>30 : indique une résistance élevée du sol.**

En résumé notre sol a une résistance modérer à élevée qui diffère selon la profondeur

Essais laboratoire :

- **Essai CBR :**

L'essai CBR a donné des résultats qui varie entre 4 et 5 donc de portance faible, l'indice CBR le plus défavorable est pris en compte, dans ce cas **4,13.**

Le résultat de cet essai est utilisé lors du dimensionnement de chaussée.

- **Densité apparente :**

La densité varie entre 1.96 t/m^3 et 2.89 t/m^3 : les valeurs de densité apparente se situant dans cette plage indiquent densité relativement élevée du sol. Ce qui peut entraîner une meilleure capacité portante de la chaussée et une résistance au tassement plus élevée et donc il contribue à la stabilité et à la durabilité de la chaussée.

Cet essai est essentiel pour évaluer la compacité des sols et leur résistance face aux charges de trafic, ainsi que pour vérifier leur capacité à drainer efficacement l'eau (partie assainissement).

- **Essai granulométrique :**

Le pourcentage des passants au tamis 0.075 mm varient entre 39 % et 98 % sauf pour quelques profondeurs il s'agit donc beaucoup plus de limon grossier et fin et d'argile/marne.

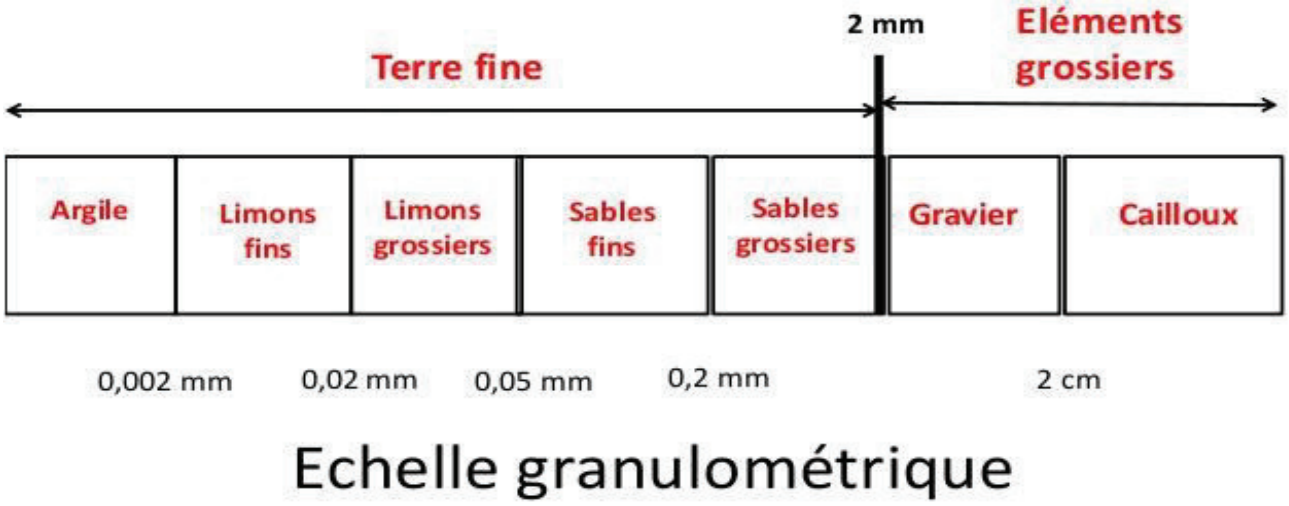


Figure V-2 Echelle granulométrique

- **Essai limite d'Atterberg :**

L'indice de plasticité (IP) varie entre 15 % et 38 % et la limite de liquidité (WL) entre 40 % et 71%

Donc d'après l'abaque de Casagrande on a en générale des argiles peu plastique et argile et limons très plastique

Cet essai est essentiel lors de la classification de notre sol, les données obtenus permettent de calculer l'indice de cohésion et ainsi l'état hydrique de notre sol pour mieux déterminer les conditions d'utilisations des sols déblai en remblai.

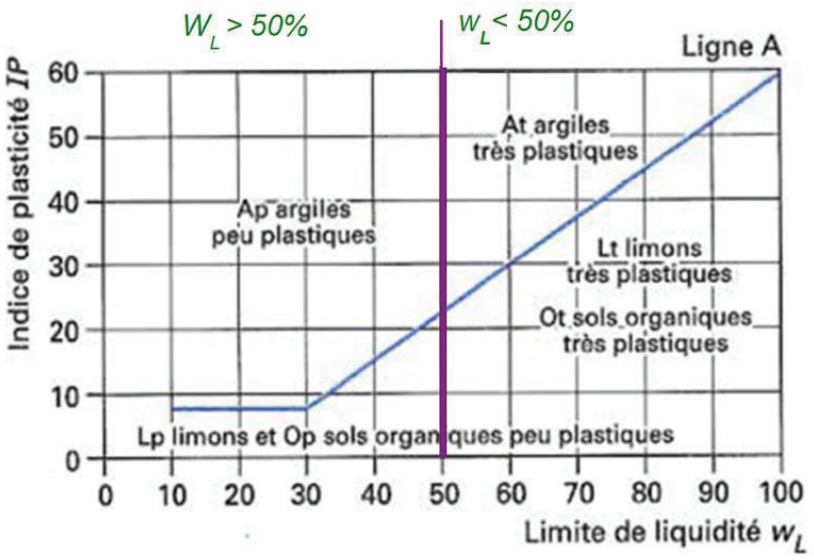


Figure V-3 Abaque de CASAGRANDE

Classification GTR :

On a :

D_{max}< 50 mm donc d'après le GTR :

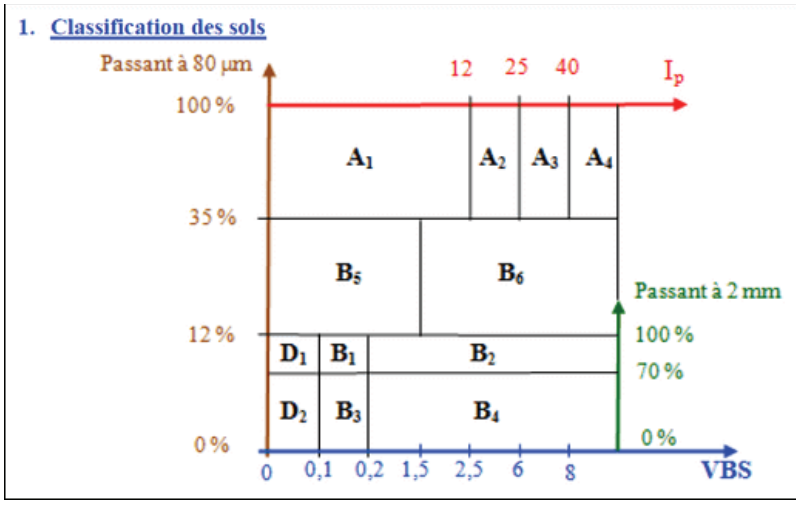


Figure V-4 Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature

On a d'après les essais de granulométrie % tamisât >35% donc on a des sols de types Ai
D'après les résultats de l'essai d'Atterberg on a un indice de plasticité (IP) qui varie entre [15 – 38] donc on a des sols de classe A_2 et A_3.

Classification des sols (zones de déblais) :

Tableau V-7 Classification des sols (zones déblais)

N° Sondage	Profondeur(m)	Indice de consistence Ic	Classification
BH-317	3.80 -4.10	1.230	A2s
BH-148	2,00 -2,45	1.162	A3ts

	6,70 -7,00	1.309	A2s
	15,30- 15,70	1.467	A2ts
	23,70-24,00	1.290	A2s
BH-425	2,90-3,20	0.799	A3th
	5,10-5,50	1.226	A3s
	17,00-17,40	1.275	A2s
	23,00-23,45	1.226	A3s

Tableau V-8 Possibilité d'utilisation des sols en remblai

Classement selon la nature					
Premier niveau de classification	Classe	Deuxième niveau de classification	Sous classe	Caractère principaux	Etat hydrique
$D<D_{max}<$ 50 mm	A Sols fins	12 < IP < 25 A_2 :	Sable fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes… Ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils de terrassement (si la teneur en eau n'est pas trop élevée)	Dès que l'IP est>12 il constitue le critère d'identification le mieux adapté	A_2s
					A_2ts
		25<IP<40 A_3	Argile et argile marneuses, limons très plastiques. teneur en eau moyenne à faible	Sols très cohérents à teneur en eau moyenne à faible, et collant et glissant à l'état humide d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier (et manipulation au laboratoire)	A_3s
					A_3ts

Utilisation en remblai	
$A_{2}s$	La faible teneur en eau de ces sols requiert un compactage intensif. Pour les remblais de grande hauteur, une humidification approfondie avec une importante quantité d'eau est nécessaire, en veillant à un malaxage minutieux.
$A_{2}ts$	Inutilisable s en remblai
$A_{3}s$	La plasticité de ces sols accroît les risques de glissement pour les remblais, en particulier pour les remblais de grande hauteur. La forte cohésion de ces sols nécessite un fractionnement et un compactage vigoureux en couches minces. Malgré leur portance élevée, il est important de ne pas sous-estimer les tassements ultérieurs potentiels. Le changement d'état pour une humidification dans la masse n'est pas une option réaliste.
$A_{3}ts$	Inutilisable s en remblai

VI. Profil géologique

<u>Cas déblai</u> (PK80+100)

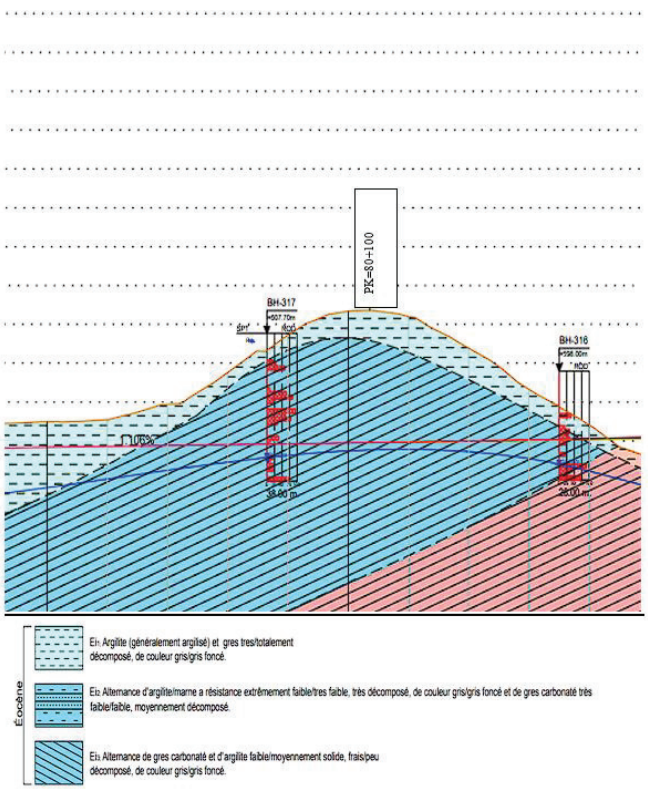


Figure V-5 profil géologique au PK 80+100 (déblai)

Cas remblai : **(PK 89+900) :**

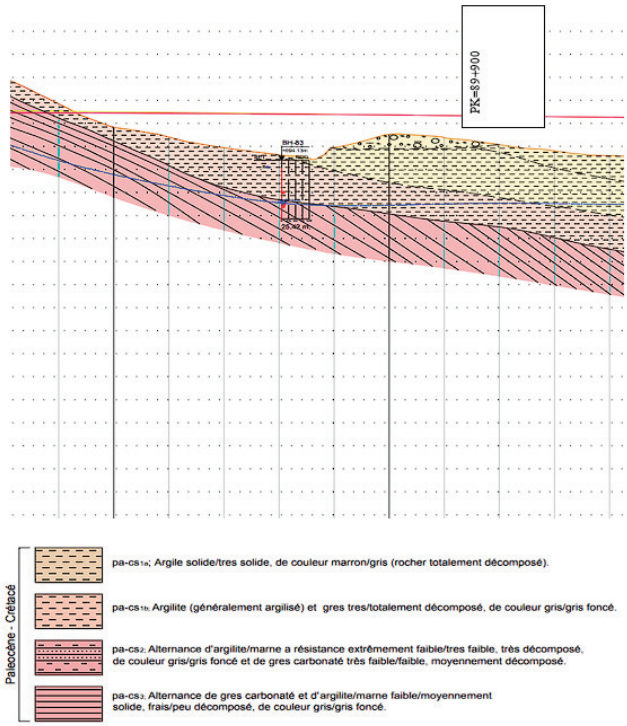


Figure V-6 profil géologique au PK 89+900 (remblai)

VI.1 Zone d'emprunt :

Au total quatorze (14) zones d'emprunts ont été identifiées (ZE-01 à ZE-14) de part et d'autre de la pénétrante entre les wilayas de Sétif et de Jijel, à une distance maximale de 6 km à partir de l'axe du tracé, pour notre tracé la zone d'emprunt la plus proche est la ZE-04 qui se fait par une piste vers le **PK 90+600** situé à 1,95 Km de la pénétrante.

Vue globale de la zone :



Figure V-7 Vue globale de la zone d'emprunt (PK90+600)

D'après les essais effectués au laboratoire sur les échantillons prélevés résumé ci-dessous :

Tableau V-9 Résultats essais laboratoire sur des échantillons de la zone d'emprunt (PK90+600)

Classification GTR		C_1B_5S
% passant à 50 mm		95.00
% passant à 2 mm		61.00
% passant à 80 m		34.00
VBS		0.79
Limites d'Atterberg	WL (%)	31.00
	WP (%)	18.66
	IP (%)	12.34
Teneur en eau naturelle	Wn(%)	6.66
Proctor normale	γdopm (%)	1.94
	Wopm (%)	8.80
CBR	%	44.93
IPI	%	41.90

On constate que les sols sont des tufs et conglomérats, D'après le GTR :
Ce gite est utilisable en remblais normale avec arrosage.

VI.2 Conclusion :

L'étude géotechnique a permis d'identifier les types de sols sur le long de notre tronçon (A_2 et $A_{3)}$ et de faire une description (Argilite, marne, argile, grès …) ainsi que ses caractéristiques, sa plasticité (peu plastique a très plastique) et sa résistance (varie de faible à élevée).

Les résultats de l'étude géotechnique apportent une compréhension approfondie de notre sol, ce qui se traduit par une amélioration considérable de nos études d'assainissement, de la stabilité des talus et du dimensionnement de la chaussée.

VII. DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEE

VII.1 Introduction :

Lors de la conception routière, le dimensionnement de la chaussée est une étape cruciale où l'on détermine les caractéristiques géométriques et structurelles appropriées de la route. L'objectif principal est d'assurer une infrastructure routière résistante, durable et sécurisée tout en optimisant les coûts. Cela implique l'évaluation du trafic prévu, des conditions du sol, des contraintes géométriques et des facteurs environnementaux. Le dimensionnement comprend des éléments tels que l'épaisseur des couches de chaussée, la largeur de la route, les virages et les pentes transversales. En se conformant aux normes et recommandations spécifiques, le dimensionnement garantit la résistance structurelle adéquate, prévient les déformations excessives et assure une conduite confortable et sécurisée pour les usagers de la route.

VII.2 Méthodes utilisées :

- **Méthode CBR.**
- **Méthode du catalogue des chaussée neuves (Novembre 2001).**

Données du projet :

Tableau VII-1 Données du projet

TJMA année de comptage (2015)	11410 v/j = 5705 v/j/s
TJMA année de mise en service (2025)	16890 v/j
Pourcentage poids lourd (PL)	20 %
Durée de vie (n)	20 ans.
Taux d'accroissement	i=4%
$TJMA_{2045}$	12501 v/j/s
TPL_{2045}	2501 PL/j/s

VII.3 Méthode California-Bearing Ration (C.B.R) :

Méthode semi empirique basée sur un essai de poinçonnement.

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

Avec :

e : épaisseur équivalente.

I : indice CBR (sol support).

N : Nombre journalier de camion de plus de 1500 kg à vide.

P : charge par roue P=6.5 t (essieu de 13t).

Données :

Tableau VII-2 Données pour la méthode de CBR

I_{CBR}	4.13
$N=TPL_{2045}$	2501 v/j/s
P	6.5t

$$\text{Donc } e=\frac{100+(\sqrt{6.5})\ x\ (75+50\ x\ log\frac{2501}{10})}{4.13+5}$$

e= 65.38 cm =66 cm

Épaisseur équivalente :

On a :

$$e=a_1 \text{ x } e_1+ a_2 \text{x } e_2 + a_3 \text{ x } e_3$$

Avec :

a_1 x e_1 : Couche de roulement.

a_2x e_2 : Couche de base.

a_3 x e_3 : Couche de fondation.

Pour résoudre cette équation on suppose 2épaisseur et on calcul la troisième :

On propose :

Pour la couche de roulement : e_1=8 BB (a_1=2.00) ;

Pour la couche de base e_2=14 GB (a_2=1.5).

Tableau VII-3 Coefficients d'équivalence ai

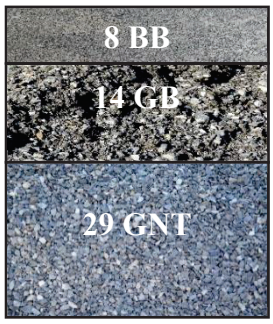
Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
BB ou enrobé dense	2.00
GB	1.20 – 1.70
GC ou gravier	1.00
Grace roulée – Grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.5
Tuf	0.6

Donc pour la couche de fondation GNT (a_3=1.00) et en remplaçant dans l'équation de l'épaisseur équivalente on obtient :

$$e_3=\frac{66-1.5\ x\ 14-8\ x\ 2}{1}$$

e_3=29 cm.

Type de structure obtenue :



8BB + 14GB + 29GNT

Méthode utilisée :

VII.4 Méthode du catalogue des chaussée neuves (Novembre 2001) :

Il s'agit d'une méthode où des fiches de dimensionnement sont utilisées, dans lesquelles les structures sont déjà précalculées. Cette méthode fait appel à certains documents tels que les normes, les guides, les recommandations techniques, tout en tenant compte des spécificités géologiques et climatiques du pays, ainsi que des ressources en matériaux disponibles pour chaque région.

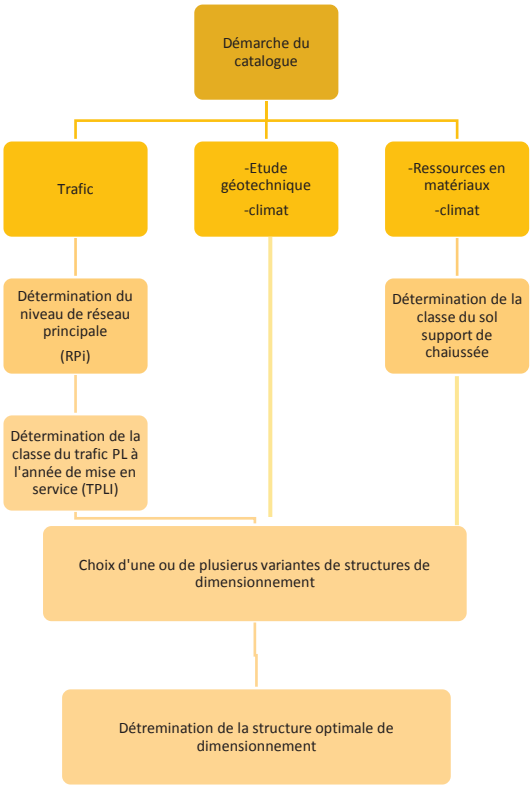


Figure VII-1 Notice d'utilisation de la méthode des catalogues

VII.4.1 Détermination du type de réseau :

$TJMA_{2025}$ = 8445 v/j/s >1500 V/j donc : **RP1**.

Tableau VII-4 Classes des réseaux principaux

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

VII.4.2 Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

CBR = 4.13 donc la portance du sol est **S4.**

VII.4.3 Répartition transversale du trafic :

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

VII.4.4 Détermination de la classe de portance :

On a TPL_{2025} = 8445x0.2=1689 PL/j/s

Sur la voie la plus lente :

TPL_{2025} =1689*0.8 = 1352 PL/j/s

Tableau VII-5 Classe TPLi pour RP1

PL/j/s	[150-300]	[300-600]	[600-1500]	[1500-3000]	[3000-6000]
TPLi	TPL3	PL4	TPL5	TPL6	TPL7

Donc on a une **classe TPL5.**

VII.4.5 Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)

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

i= taux d'accroissement (4%).

n=Durée de vie considérée (20 ans).

$$\boldsymbol{TCi = 1352 * 365 * \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}}$$

$$\boldsymbol{TCi = 14.69 * 10^6 \text{ PL/j/s}}$$

VII.4.6 Calcul du trafic équivalent cumulé : (TCEi)

On a :

Le coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes A=0.6

Tableau VII-6 Valeur 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**
	Chaussés à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, Bcg/GC	1

$$TCEi = TCi \; x \; A$$

$$TCEi = 14.69 \; x \; 10^6 \text{x } 0.6$$

TCE_{2045}=8.81 x 10^6 PL/j/s essieux équivalent de 13 tonnes.

VII.4.7 Détermination de la classe de portance de sol-support de chaussée :

E(MPA)=5 x CBR

E(MPA)=5 x 4.13

E(MPA)=20.65

VII.4.8 Sur classement des sols support de chaussée :

On a un sol a faible portance S4 ce qui nécessite une couche de forme qui permettra un sur classement de portance du sol à une classe S2 d'une épaisseur de 60 cm en 2 couches de matériau non traité. (TUF)

Classe de portance du sol terrassé	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée
S_4	Matériau non traité	35 cm	S_3
S_4	Matériau non traité	60 cm (en 2 couches)	S_2

VII.4.9 Détermination de la zone climatique :

Selon le fascicule 1 notre zone est situé entre Jijel et Sétif donc elle est classée de zone I avec une intensité pluviométrique >600 mm/an

Et une température équivalente de 20°C.

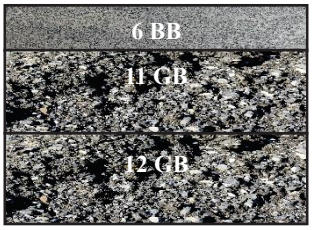
Tableau VII-7 Température équivalente selon la zone climatique

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

VII.4.10 Choix du type de structure dimensionnement :

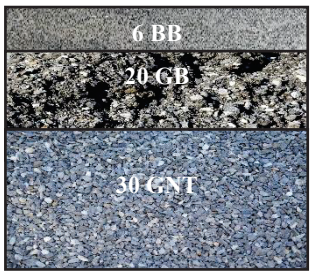
D'après toutes les données réunies précédemment le fascicule 3 du catalogue de dimensionnement des chaussée neuves propose les structures suivantes :

GB/GB



6BB + 11GB + 12GB

GB/GNT



6BB + 20GB + 30GNT

On prend la 1ére structure (en utilisant Autopiste pour le calcule des cubatures on trouve que la 1ére est plus rentable)

VII.4.11 Détermination des déformations admissibles :

Calcul des déformations admissibles sur le sol support $\xi_{z,adm}$:

(Relation empirique)

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

$$\xi_{z,adm}=22 \times 10^{-3}*(8.81 \times 10^{6})^{-0.235}$$

$$\xi_{z,adm}=513.28 \times 10^{-6} \text{ Déformations}.$$

Calcul des sollicitation admissibles $\xi_{t,adm}$:

$$\xi_{t,adm}=\xi_6(10°C, 25Hz)*Kne*K\theta*kr*kc$$

Tableau VII-8 Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E(30°c,10Hz) (Mpa)	E(25°C,10Hz) (Mpa)	E(20°C,10Hz) (Mpa)	ξ_6(10°C, 25Hz) (10^{-6})	E(20°C,10Hz)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	Kcalage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

- ξ_6 : déformation limite détenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilités de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue) = 100

- Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée = $(\frac{10^6}{TCEi})^b$

- b : pente de la droite de fatigue
  -1/b=6.84 donc b= -0.146

$$Kne=(\frac{10^6}{8.81*10^6})^{+0.146}$$

Kne=0.73

- Kθ : facteur lié à la température

$$K\theta=\sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta eq)}}$$

$$K\theta=\sqrt{\frac{12500}{7000}}$$

Kθ=1.336

➢ Kr : facteur lié au risque et aux dispersions $=10^{-tb\delta}$

$$\delta=\sqrt{SN^2+(\frac{c}{b}sh)^2}$$

$$\delta=\sqrt{0.45^2+(\frac{0.02}{-0.146}*3)^2}$$

$$\delta=0.609$$

Tableau VII-9 Risque adopté pour RP1

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

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

r%	2	3	5	7	10	12	15
T	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	-1.036

Risque r% =10 donc t=-1.282

$Kr=10^{-tb\delta}$

$Kr=10^{-(-1.282 \text{ x } (-0.146) \text{ x } 0.609)}$

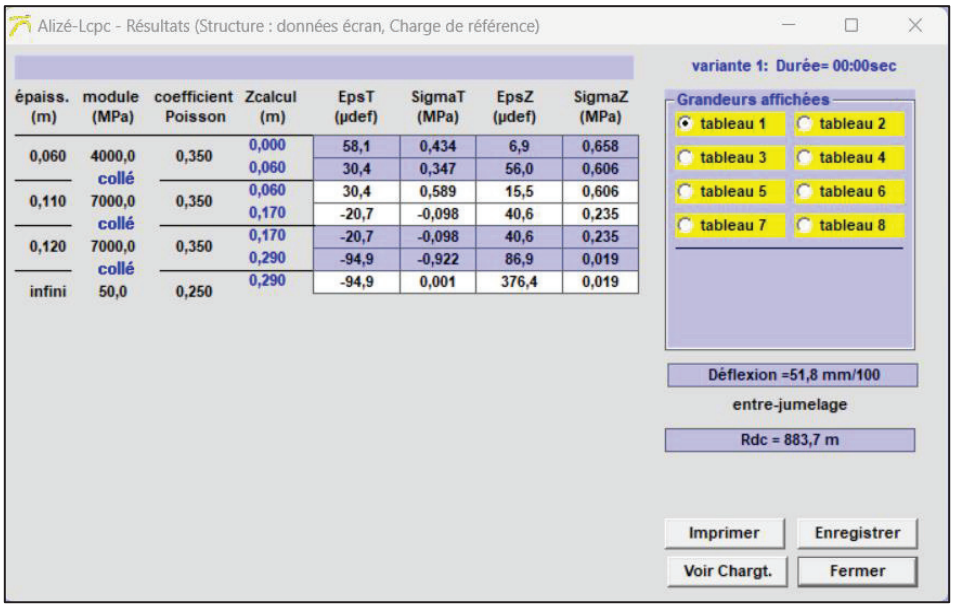
Kr=0.769

➢ Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussée =1.3

$\xi_{t,adm}=100*10^{-6}$ x 0.73x 1.336 x 0.769 x 1.3

$\xi_{t,adm}$=97.50 10^{-6} déformations

VII.4.12 Vérifications avec ALIZE :



épaiss. (m) | module (MPa) | coefficient Poisson | Zcalcul (m) | EpsT (µdef) | SigmaT (MPa) | EpsZ (µdef) | SigmaZ (MPa)

0,060	4000,0	0,350	0,000	58,1	0,434	6,9	0,658
	collé		0,060	30,4	0,347	56,0	0,606
0,110	7000,0	0,350	0,060	30,4	0,589	15,5	0,606
	collé		0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
0,120	7000,0	0,350	0,170	-20,7	-0,098	40,6	0,235
	collé		0,290	-94,9	-0,922	86,9	0,019
infini	50,0	0,250	0,290	-94,9	0,001	376,4	0,019

Figure VII-2 Résultats de la simulation avec ALIZE

Tableau VII-11 Comparaisons des déformations admissibles avec Alizé

Déformations admissible (µdéformations)	Déformationsalizé (µdéformations)	Interprétations
$\xi_{z,adm}$=513.28	$\xi_{z,alizé}$ =376.4	Vérifié
$\xi_{t,adm}$ =97.50	$\Xi_{t,alizé}$ 94.9	Vérifié

Résumé :

Tableau VII-12 Récapitulatif des structures obtenues

Méthode	Structure
C.B.R	8BB + 14GB + 29GNT
Catalogues de dimensionnement des chaussée neuves	6BB + 11GB + 12GB + 60TUF

Conclusion :

La méthode de C.B.R est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement alors que la méthode du catalogue se base sur les lois de comportement à la fatigue des matériaux de la chaussée, et donne plus de détails, et c'est pour cela que nous gardons la structure du catalogue.

VIII. ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

VIII.1 Introduction

L'assainissement des rues est l'un des éléments de conception et de construction et l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est le premier ennemi de la route et pose de nombreux problèmes sérieux.

Les complexités routières qui menacent la sécurité des usagers (glissements, inondations,

Visibilité réduite, décharge de gravier due à l'enlèvement de la couche

Sous-sol, etc.), ce qui affecte la durabilité de la chaussée.

VIII.2 Les types de dégradation provoquée par les eaux

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

VIII.3 Etude hydrologique :

Une étude hydrologique détermine le débit de crue de chaque rivière qui traverse le tracé. De plus, ces formations inondables ont permis d'ajuster la taille de nombreuses ouvertures de ponceaux sous les autoroutes, tels que des ponts, des ponceaux, des ponceaux et des ponceaux à caisson.

Cette recherche est basée sur les données suivantes :

- Une carte topographique à l'échelle 1/20 000 illustrant la zone du bassin.
- Informations sur les données de précipitation
- Isothermes annuels, précipitations maximales quotidiennes et graphiques d'études régionales d'intensité des averses (intensité-durée-fréquence). Une série historique des débits annuels maximaux des oueds adjacents dans la zone d'étude. Cela vous permet d'estimer les inondations dans votre région.
- Mesures des niveaux d'inondation et des propriétés des structures existantes, ainsi que l'évaluation des conditions d'inondation et des coefficients de débit, pour permettre l'analyse inverse à effectuer par rapport aux résultats des études analytiques. À propos du déluge.

VIII.3.1 Etude des bassins versants :

Un bassin versant est une zone géographique délimitée par une crête ou un bassin versant et correspond à la superficie totale de la zone où les eaux pluviales peuvent naturellement s'écouler dans un canal au point considéré.

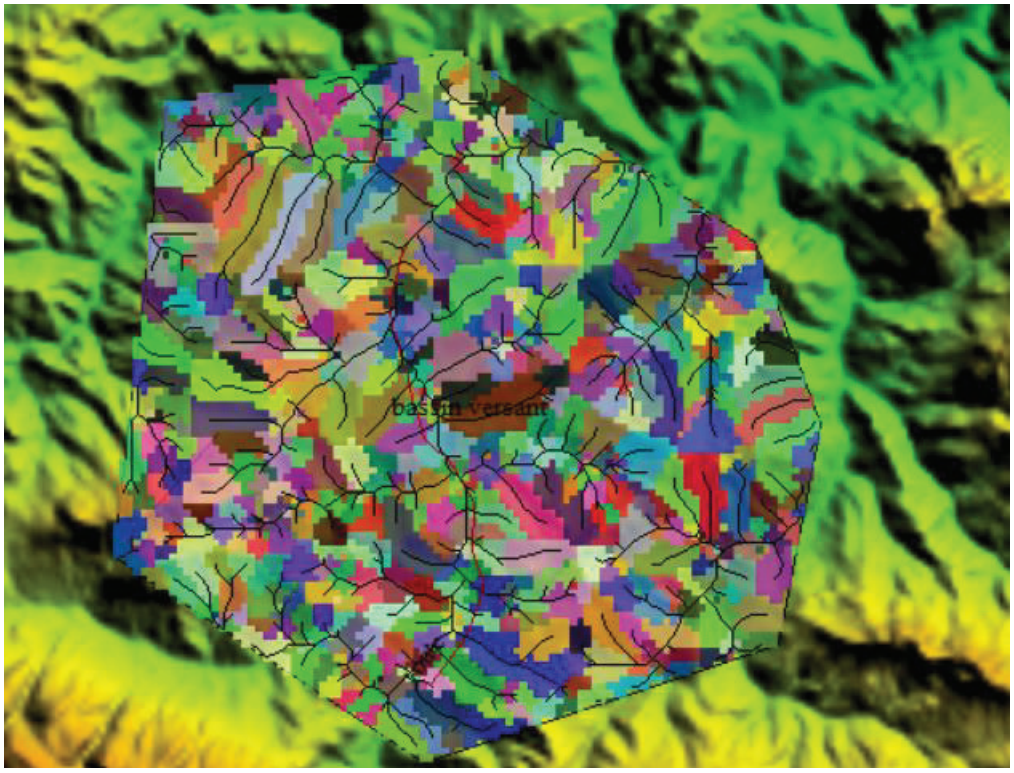


Figure VIII-1 Délimitation des bassins versants par Global Mapper

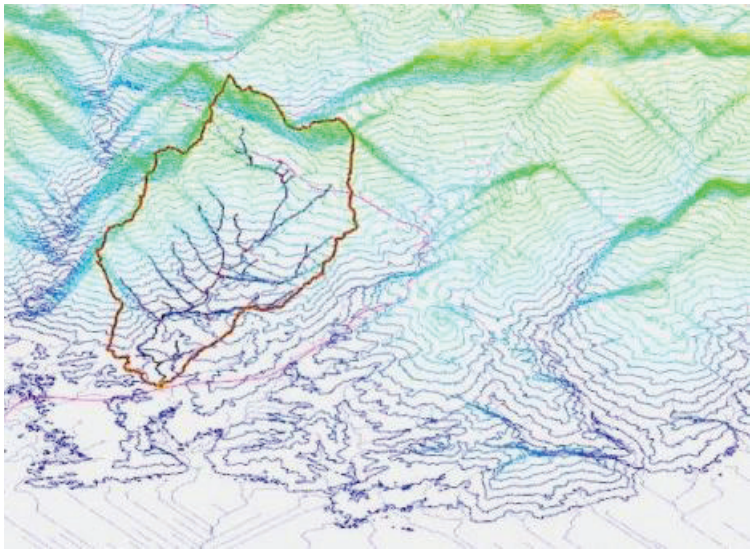


Figure VIII-2 délimitation des bassins versant en 3D

VIII.3.2 La pente moyenne du thalweg

Elle est exprimée par le l'équation suivante :

Pente (%)=$(\frac{\Delta H}{L})$

Avec :

ΔH:La différence entre H_{max} et H_{min} (H_{max}-H_{min})

L :la longueur du thalweg

Tableau VIII-1 Caractéristique physique du bassin versant.

N°	PK	Surface BV (KM^2)	Long. TALWEG (KM)	Pente (%)	ΔH $(Hmax - Hmin)$
1	79+930.79	0,273	0.85	0.1930	165
2	80+681.75	0,281	0.91	0.2199	199
3	81+151.88	0,062	0.29	0.2028	59
4	81+200.88	0,106	0.43	0.2487	106
5	81+335.86	0,223	0.84	0.2540	213
1.1	81+660.00	12.93	6.12	0.0790	484
6	82+124.61	0,066	0.30	0.1792	54
7	82+502.15	0,083	0.36	0.2013	72
8	82+533.54	0,255	0.98	0.1834	180
9	82+912.91	0,676	1.57	0.1608	253
10	83+305.13	0,134	0.70	0.2058	144
11	83+579.33	0,059	0.44	0.1554	69
12	83+864.41	0,491	0.92	0.0191	18
1.2	84+080.00	0.35	0.80	0.1059	85
1.3	85+093.00	8.46	5.14	0.0823	423
13	85+529.88	0,062	0.46	0.2053	95

1.4	85.690.00	0.08	0.5	0.2281	114
14	86+042.69	0,049	0.17	0.2960	49
15	86+092.00	0,307	0.99	0.1802	179
16	86+318.98	0,057	0.42	0.2609	110
17	86+466.73	0,169	0.58	0.2396	138
1.5	86+740.00	1.14	2.01	0.2202	442
1.6	87+240.00	0.11	0.41	0.2283	93
1.7	87+810.00	2.52	2.93	0.1469	430
18	88+261.56	0,217	0.56	0.2187	123
1.8	88+567.00	3.58	3.18	0.0502	160
19	89+088.68	0,052	0.13	0.3259	43
1.9	89+240.00	1.64	2.46	0.1270	312
20	89+856.76	0,111	0.36	0.2118	76
21	90+000.82	0,077	0.35	0.1872	65

VIII.4 Temps de concentration Tc

Il est estimé d'après Ventura, Passini,Giandoth comme suivant :

A<5km^2 : Tc=0.127$\sqrt{A/P}$ (VENTURA)

5KM^2<A<25KM^2 : Tc=0.108$\sqrt{A.L/P}$ $(PASSINI)$

25KM^2<A<200KM^2 : Tc=$\frac{1.5.L+4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$ (GIANDOTH)

T_C : temps de concentration (heure)

A : Surface du bassin versant (km^2)

P : pente du bassin versant (M.p.m)

L : Longueur du bassin versant (Km)

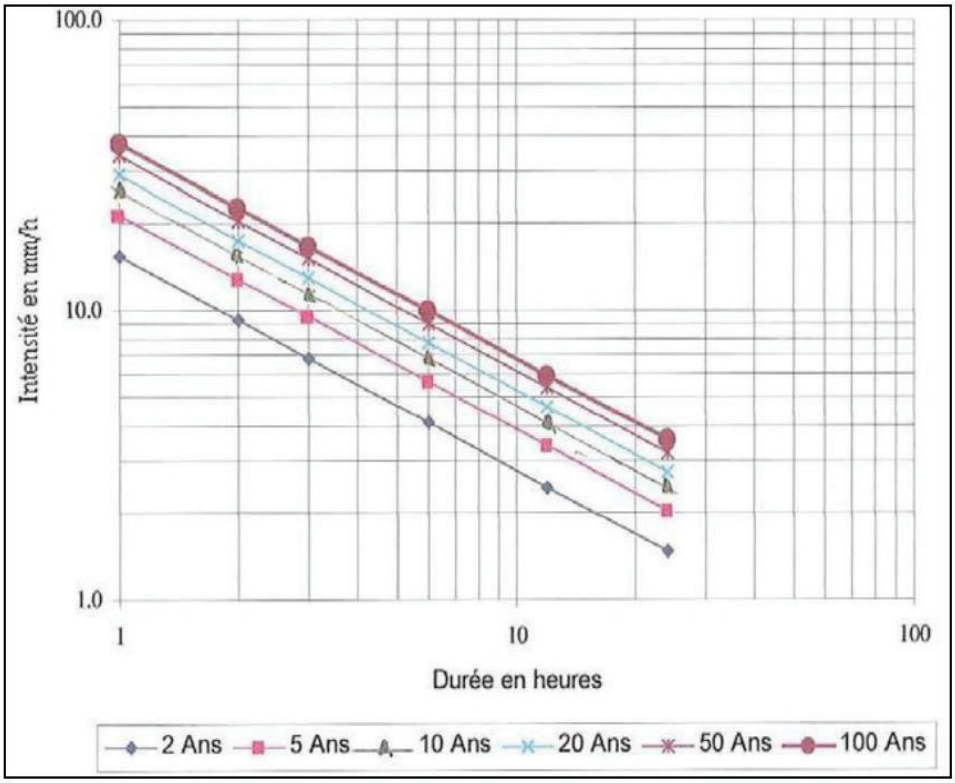
H : la différence entre cote moy et min

VIII.4.1 Analyse des précipitations :

L'analyse des précipitations se réfère à la définition des courbes IDF (à travers la formulation de Montana) pour des périodes de retour allant de 2 à 100 ans, relativement aux trois stations fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Pour notre projet on utilise IDF pour la station pluviométrique de Sétif

Tableau VIII-2 Courbe Intensité-Durée-Fréquence



Formule utilisée :

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

Avec :

- I : intensité de pluie (mm/h)
- T : période de retour (ans)
- $t=T_c$: temps de l'averse égal au temps de concentration(h)
- a et b : paramètre de Montana avec b=0.74

Tableau VIII-3 valeur du coefficient a en fonction de la période de retour T

T	2ans	5ans	10ans	20ans	50ans	100ans	300ans
a(T)	15.4	21.4	25.3	29.1	33.9	37.6	43.4

VIII.4.2 Période de retour :

Les périodes de retour (TR) à utiliser dans le calcul, constituent le premier pas de l'Etude d'hydrologie et de drainage. Ces périodes de retour sont directement en relation avec les risques pouvant être assumés par l'infrastructure, pour les différents éléments de drainage qui la constituent.
En se basant sur l'APD, les périodes de retour sont :
Drainage transversal : TR = 100 ans
Drainage longitudinal TR = 10 ans

Note : pour notre projet On recommande l'utilisation d'une période de retour Tr=300 ans (Exceptionnel) pour des appuis d'ouvrages d'art (ponts, viaducs) qui souvent se présentent avec des fondations difficiles ou bien coûteuses essentiellement en présence de grands bassins sujets à des possibilité de dommages catastrophiques et au phénomène de l'érosion. Le débit exceptionnel a été définie suivant le guide technique « Cours d'eau et ponts » (SETRA – Juillet 2007 ; page 20) avec une période de retour allant de 200 à 500 ans).

VIII.4.3 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement (C) indique quel pourcentage de l'eau S'écoule sur un sol saturé par les précipitations précédentes par rapport à la quantité totale de précipitations.

Selon le guide d'assainissement routier du SETRA. Le coefficient de ruissellement peut s'écrire :

$$C_r : 0.8 \times \left(1-\frac{P_0}{P_j(T)}\right)$$

Avec :

P_0 : La rétention initiale Po du BV

$P_j(T)$: La pluic journalière en mm de la période de retour T.

Tableau VIII-4 Valeur du coefficient de ruissellement

T (ans)	10	100	300
Cr	0.61	0.67	0.69

VIII.5 Calcul des débits

Pour le calcul on utilise les formules les plus utiliser en Algérie qui sont en fonction de la surface des bassins versant :

La formule rationnelle pour les bassins versant inférieure à 10 km^2

La formule CRUPEDIX pour les bassins versant supérieure à 50 km^2

La formule de transition pour les bassins versant compris entre10 et 50 km^2

Pour notre projet on a A<5km² donc on utilise la méthode rationnelle

$$\mathbf{Q_a=0.278\ C\ I\ A}$$

Avec :

Q_a : Débit de crue de période de retour voulue (en m^3/s)

I : Intensité de pluie (mm/h) pour la période de retour considérée correspondant à une durée effective de la pluie égale au temps de concentration du bassin.
C : coefficient de ruissellement

A : Superficie du bassin (km^2)

VIII.5.1 Exemple de calcul :

Pour BV.2 (A=0,281km^2, P=21.99, L=0.91km)

-Le temps de concentration T_c :

On a A=0,281km^2 <5km² on utilise 'VENTURA'

Tc=$0.127\sqrt{A/P}$ AN T_C= Tc=$0.127\sqrt{0.281/0.2199}$

$$\mathbf{T_C=0.1437\ heure}$$

Coefficient de ruissellement :

C_{10}=0.61

C_{100}=0.67

C_{300}=0.69

Calcul de l'intensité horaire moyenne (Tc,10,100 et 300) :

$$\mathbf{I(t,10)=\frac{25.3}{0.1437^{0.74}}=106.330\ mm/h}$$

$$\mathbf{I(t,100)=\frac{37.6}{0.1437^{0.74}}=158.024\ mm/h}$$

$$\mathbf{I(t,300)=\frac{43.4}{0.1437^{0.74}}=182.400\ mm/h}$$

Calcul du débit maximal :

Q_{10}=0.278 x 0.61 x 106.330 x 0,281= 5.066835 m^3/s

Q_{100}=0.278 x 0.67 x 158.024 x 0,281= 8,270828 m^3/s

Q_{300}=0.278 x 0.69 x 182.400 x 0,281= 9,831619m^3/s

Tableau VIII-5 Résultat du calcul d'intensité de pluie

N°BV	Tc(heure)	I(t,10)	I(t,100)	I (t, 300)
1	0.1510	102.482	152.305	175.798
2	0.1437	106.330	158.024	182.400
3	0.0704	180.360	268.046	309.393
4	0.0828	159.866	237.588	274.237
5	0.1190	122.206	181.618	209.634
6	0.0772	168.400	250.271	288.876
7	0.0816	161.643	240.229	277.286
8	0.1497	103.152	153.300	176.948
9	0.2604	68.487	101.783	117.483
10	0.1023	136.683	203.133	234.468
11	0.0786	166.195	246.994	285.094
12	0.6444	35.020	52.046	60.075
13	0.0695	181.942	270.396	312.106
14	0.0514	227.420	337.984	390.120
15	0.1659	95.608	142.089	164.008
16	0.0596	203.904	303.035	349.780
17	0.1066	132.650	197.141	227.551
18	0.1264	116.876	173.697	200.490
19	0.0506	230.171	342.072	394.838
20	0.0920	147.919	219.831	253.742
21	0.0812	162.174	241.018	278.196

N°BV	Tc(heure)	I(t,10)	I(t,100)	I(t, 300)
1.1	1.650	17.469	25.962	29.967
1.2	0.232	74.667	110.967	128.085
1.3	1.323	20.563	30.560	35.274
1.4	0.074	173.040	257.166	296.835
1.5	0.289	63.357	94.160	108.684
1.6	0.087	153.877	228.686	263.962
1.7	0.526	40.721	60.518	69.853
1.8	1.073	24.022	35.701	41.208
1.9	0.456	45.249	67.248	77.621

Tableau VIII-6 Débit maximal dans les bassins

N°BV	Surface	Q10	Q100	Q300
1	0,273	4,744439	7,744554	9,205989
2	0,281	5,066835	8,270828	9,831619
3	0,062	1,896298	3,095427	3,679561
4	0,106	2,873668	4,690833	5,576039
5	0,223	4,621384	7,543682	8,967275
6	0,066	1,88478	3,076621	3,657205
7	0,083	2,275148	3,713839	4,414687
8	0,255	4,460592	7,281183	8,655252
9	0,676	7,851081	12,81568	15,23406
10	0,134	3,105946	5,069964	6,026737
11	0,059	1,662818	2,714301	3,226517
12	0,491	2,915898	4,759797	5,658081

13	0,062	1,912931	3,122565	3,711827
14	0,049	1,889728	3,084692	3,666808
15	0,307	4,977454	8,124908	9,658224
16	0,057	1,970948	3,217268	3,824404
17	0,169	3,801619	6,205593	7,376653
18	0,217	4,300904	7,020558	8,345384
19	0,052	2,029685	3,313145	3,938367
20	0,111	2,784336	4,544975	5,40268
21	0,077	2,117613	3,456685	4,108994

Tableau VIII-7 Débit maximal dans les bassins (OA)

N°BV	Tc(heure)	Q10	Q100	Q300
1.1	1.650	38.27	62.67	74.17
1.2	0.232	4.46	7.30	8.64
1.3	1.323	29.47	48.25	57.11
1.4	0.074	2.30	3.76	4.45
1.5	0.289	12.26	20.08	23.77
1.6	0.087	2.81	4.59	5.44
1.7	0.526	17.37	28.44	33.66
1.8	1.073	14.57	23.87	28.25
1.9	0.456	12.54	20.54	24.31

VIII.6 ASSAINISSEMENT

Pour la conception d'ouvrages hydrauliques traversant des voies ferrées. Définir une tendance design est une évidence. Le choix de la période de ré-inondation est un exercice d'équilibre entre les coûts d'investissement et le risque de dommages causés par le sur- ou sous-dimensionnement des ouvrages.

Pour notre projet on a opté au calcule :

• 300 ans pour la conception des ponts.

• 100 ans pour la conception des dalots et buses.

• 10 ans pour les fossés Des TPC. Des bords, des crêtes et des pieds.

VIII.6.1 Le drainage transversal

Ils permettent le transit, d'un côté à l'autre de la plateforme routière, des écoulements des eaux des bassins versants. Ils peuvent être constitués de :

- Buses
- Dalots
- Ponts et viaducs

Tableau VIII-8 choix du type d'ouvrages hydrauliques transversaux

Débit de crue (m^3/s)	**$Q_{100} \leq 1.25$**	**$1.25 \leq Q_{100} \leq 2.25$**	**$2.25 \leq Q_{100} \leq 4.25$**	**$4.25 \leq Q_{100} \leq 5.5$**
Type	Buse	Buse	Buse	Dalot
Dimensionnement	1-$\phi 1m$	1-$\phi 1.2m$	1-$\phi 1.5m$	1-1.5 x $1.5m$
$5.5 \leq Q_{100} \leq 9.5$	$9.5 \leq Q_{100} \leq 14$	$14 \leq Q_{100} \leq 28$	$28 \leq Q_{100} \leq 35$	$35 \leq Q_{100} \leq 42.5$
Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot
1-2 x $2m$	1-3x $2m$	1-4 x $3m$	2-3 x $2m$	2-4 x $3m$

VIII.6.2 Calcul débit de saturation

- Formule de continué $\mathbf{Q_s = V_s \times S}$
- Formule de MANNIG-STRICKLER $\mathbf{Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{0.5}}$

Avec :

- Sm: Section mouillée.
- K_{st}: Coefficient de STRICKLER (K_{st}=70 pour les dalots et K_{st}=80 pour les buses)
- R_h : Rayon hydraulique(m) avec : $Rh = S_m/P_m$
- J : La pente Moyenne de l'ouvrage

VIII.6.3 Condition à respecter

✓ L'ouvrage doit pouvoir évacuer le débit de crue correspondante.

✓ La vitesse de l'écoulement ne doit pas excéder $4m/s$ pour les ouvrages en béton et exceptionnellement 5 m/s.

- ✓ La pente des ouvrages doit être limitée (Pente minimale I = 0,2 %) pour assurer une vitesse minimale de 0.75m/s pour éviter l'accumulation des débris.
- ✓ Le degré de remplissage maximum des tuyaux et dalots est égal à 75 % pour la période de retour considérée.
- ✓ Pour les dalots le tirant d'air sera au minimum de 50 cm pour la période de retour considérée.
- ✓ Vérification les conditions d'auto-curage :
- ✓ ✓ 1ère condition : pour Rq×0.1…. Il faut $V_{écoulement}$ >0.6 m/s
- ✓ ✓ 2ème condition : pour Rq×0.01…. Il faut $V_{écoulement}$ >0.3 m/

VIII.6.4 Application au projet

- ➢ **Dimensionnement des buses :**

Bassin versant 6 (A=0,066km^2, P=0.1792, L=0.30Km, Q=3,076621m/s,j=0.01)

Formule :

$$\mathbf{Q_s=S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{0.5}}$$

En remplaçant : $S_m = \pi.R^2$ et $R_h = R/2$

L'égalité $Q_a=Q_s$

On obtient le résultat suivant :

$$\mathbf{R=\left(\frac{Q_a}{K_{st}.j^{0.5}.\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.\pi}\right)^{\frac{3}{8}}}$$

An : $R=\left(\frac{3.076621}{80.0.01^{0.5}.\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.\pi}\right)^{\frac{3}{8}}$=0.541m Donc

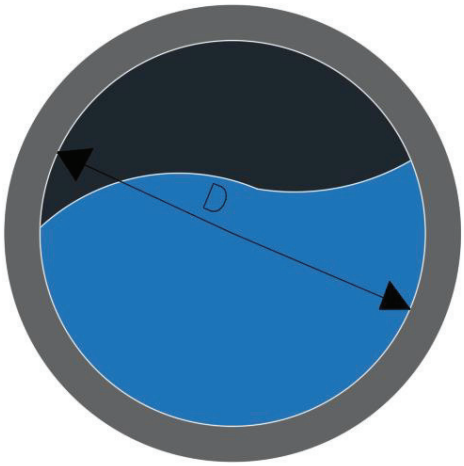


Figure VIII-3 Schéma de la buse

$\phi = 1082mm$

Donc on prend $\boldsymbol{\phi = 1500mm}$

Condition d'auto-curage après la détermination de R on doit vérifier les conditions d'auto-curage suivantes :

- ✓ V>1 m/s Pour $Q=Q_{ps}$
- ✓ V>0.6 m/s $Q=0.1Q_{ps}$
- ✓ V>0.3 m/s $Q=0.01Q_{ps}$
- ✓ $Qps=80x\pi x0.75^2x(0.75/2)^2x0.01^{0.5}$=7.35 m^3/s
- ✓ $Vps=\frac{Qps}{\pi.R^2}=\frac{7.35}{\pi.0.75^2}$=4.16 m/s

Par une interpolation linéaire on trouve la valeur (V/Vps) d'après le tableau des conditions d'auto-curage pour les ouvrages circulaire :

- ✓ $\frac{Q}{Qps} = 0.1 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.64 \rightarrow V = Vps.0.64 = 2.66\, m/s$>0.6 m/s $\rightarrow verifie$

✓ $\frac{Q}{Qps} = 0.01 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.32 \rightarrow V = Vps.0.32$ =1.32 m/s > 0.1 m/s → $verifie$

Tableau VIII-9 Vérification des conditions d'auto-curage pour les Buses

N°BV	PK	$Q_{100}(m^3/s)$	Pente d'oc	Φ(mm)	$\frac{V}{Vps} = 0.64$	$\frac{V}{Vps} = 0.32$
3	81+151.88	3,095427	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
6	82+124.61	3,076621	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
7	82+502.15	3,713839	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
11	83+579.33	2,714301	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
13	85+529.88	3,122565	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
14	86+042.69	3,084692	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
16	86+318.98	3,217268	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
19	89+088.68	3,313145	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$
21	90+000.82	3,456685	0.01	1500	2.66 $verifie$	1.32 $verifie$

➢ **Dimensionnement des dalots :**

BV.1 (A=0,273km^2, P=0.1930, L=0.85km ,Q_{100}=7,744554 m^3/s)

La surface mouillée : Sm=0.8H x B

Le périmètre mouillé : P_m=1.6xH+B

Le rayon hydraulique $R_h=S_m/P_m$

$Qa=Qs=K_{st}.J^{0.5}.S.R_h^{2/3}$

Dou : $H=\frac{1}{0.8B}\left(\frac{Q_a}{K_{st}.j^{0.5}}\right)^{\frac{3}{5}}(1.6H+B)^{\frac{2}{5}}$

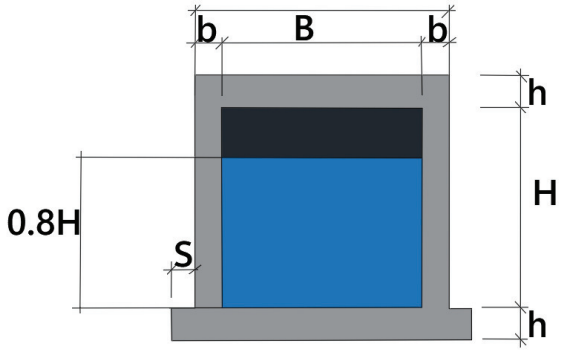


Figure VIII-4 Schéma du dalot

On prend B=2m et on tire la hauteur par itération qui vérifie l'inégalité.

On trouve H=1.52m on prend H=2 le dalot sera dimensionné en 2x2m.

D'après les calculs on trouve : Qs=16.206m/s

Qs>Q_{100}=7.744554m/s **Vérifié**

V_{ps}=Qs/Sm=16.206/3.2=5.064m/s

NB : pour les valeurs de S,h et b

Dimensions	b(mm)	h(mm)	S(mm)
1.5x1.5	220	250	250
2x2	250	300	250
3x2	350	420	250

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

Hc= $(\frac{Qs}{g.B^2})^{\frac{1}{3}}$= $(\frac{16.206\text{m}}{9.81.2^2})^{\frac{1}{3}}$=0.744< H=1.52m ➔ la condition est vérifié

Les tableaux récapitulatifs pour le dimensionnement transversale

Tableau VIII-10 dimensionnement des buses

N°BV	PK	Q_{100}(m^3/s)	Qs(m3/s)	Pente d'oc	Φ(mm)
3	81+151.88	3,095427	7.3516	0.01	1500
6	82+124.61	3,076621	7.3516	0.01	1500
7	82+502.15	3,713839	7.3516	0.01	1500
11	83+579.33	2,714301	7.3516	0.01	1500
13	85+529.88	3,122565	7.3516	0.01	1500
14	86+042.69	3,084692	7.3516	0.01	1500
16	86+318.98	3,217268	7.3516	0.01	1500
19	89+088.68	3,313145	7.3516	0.01	1500
21	90+000.82	3,456685	7.3516	0.01	1500

Tableau VIII-11 dimensionnement des dalots

N°BV	PK	$Q_{100}(m^3/s)$	Qs(m3/s)	Pente d'oc	Dimension
1	79+930.79	7,744554	16.206	0.01	2x2
2	80+681.75	8,270828	16.206	0.01	2x2
4	81+200.88	4,690833	07.530	0.01	1.5x1.5
5	81+335.86	7,543682	16.206	0.01	2x2
8	82+533.54	7,281183	16.206	0.01	2x2
9	82+912.91	12,81568	26.6375	0.01	3x2
10	83+305.13	5,069964	07.530	0.01	1.5x1.5
12	83+864.41	4,759797	07.530	0.01	1.5x1.5
15	86+092.00	8,124908	16.206	0.01	2x2
17	86+466.73	6,205593	16.206	0.01	2x2
18	88+261.56	7,020558	16.206	0.01	2x2
20	89+856.76	4,544975	07.530	0.01	1.5x1.5

Tableau VIII-12 dimensionnement des OA

N°BV	Tc(heure)	Q300	Dimensionnement (Ouvrage d'art)	Longueur (m)
1.1	1.650	74.17	VIADUC	160
1.2	0.232	8.64	VIADUC	112
1.3	1.323	57.11	PONT	51
1.4	0.074	4.45	PONT	36
1.5	0.289	23.77	VIADUC	152
1.6	0.087	5.44	VIADUC	165
1.7	0.526	33.66	VIADUC	250

1.8	1.073	28.25	VIADUC	165
1.9	0.456	24.31	VIADUC	144

VIII.7 Système de drainage longitudinale

VIII.7.1 Dimensionnement des fosses :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, ou il y a une hauteur importante du déblai qui s'entende sue une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers déblai

Notre cas situé entre **PK 80+128.4506 et PK 80+279.6043** avec une longueur de **L=151.1537 m** et de pente **I=0.883%** et une hauteur **H=26.25 m**

Période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement égale à 10 ans.

Tableau VIII-13 Caractéristiques des sous bassins versants

SBV	Largeur (m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+B.A.U+BDG	14.5	2.5	2191.72865
Berme	1	8	151.1537
Talus de déblai	47.323	66.67	7153.046545

Le débit d'apport Qa :

Qa=Qa+Qc+Qt

Qa=K.I1O.CA.AA débit d'apport de l'accotement

Qc= K.I1O.Cc.AA débit d'apport de la chaussée

Qt= K.I1O.Ct.At débit d'apport du talus

K=0.278

Coefficient de ruissèlement :

Tableau VIII-14 Coefficient de ruissèlement selon le type de chaussée

Type de chaussée	Valeur de C	Valeur prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.8 a 0.95	0.95
Accotement ; sol légèrement perméable	0.10 a 0.40	0.40
Talus	0.10 a 0.30	0.30

Détermination du débit :

On A<5km^2 donc on applique la formule de Ventura :

Tableau VIII-15 Qa des sous bassins versant

SBV	A(km²)	C	I(%)	Tc(heure)	I10	Qa(m^3/s)
Chaussée+B.A.U+BDG	0.00219172865	0.95	2.5	0.0376	286.736	0.166
Berme	0.0001511537	0.40	8	0.0055	1189.192	0.020
Talus de déblai	0.007153046545	0.30	66.67	0.0098	775.556	0.371

D'où :

Q_a=0.557 m^3/s

En appliquant la formule de Manning- Strickler

$$\mathbf{Qa=Qs=SmKstRh^{2/3}I^{0.5}}$$

Avec :

Kst (coefficient de strickler)=70 (pour canalisation en béton)

Sm : surface mouillé Sm= (n.h + b).h

Pm : périmètre mouillé Pm=b+2.c

$Qs=70.\ (0.00883)^{0.5}.\ (\frac{h(b+mh)}{b+2.h(1+m^2)^2})^{\frac{2}{3}}.h(b+mh)$

Qs=1,84m

On pose **B=0.5m** et pour un angle de $\rightarrow \boldsymbol{m = 1,5}$

Par un calcul itératif et pour des raisons de sécurité on prend **H=0,5m**

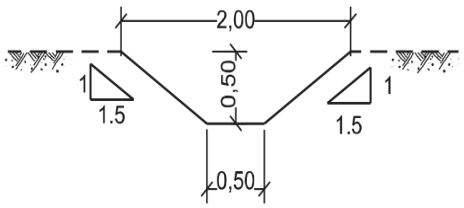


Figure VIII-5 Schéma du fossé trapézoïdal

IX. STABILITE DES TALUS

IX.1 Introduction

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

Généralement il s'agit d'assurer sous l'action du poids propre et éventuellement de surcharge.

IX.2 Objectifs de l'étude

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

IX.3 Type de glissement

- Glissement plan
- Glissement rotationnel

Pour faire l'étude sur ces derniers il faut passer par une reconnaissance :

- ✓ Topographique
- ✓ Géologique
- ✓ Géotechnique
- ✓ Hydrologique

IX.4 Analyse de stabilité du déblai :

Zones déblais :

Le tableau montre les principales zones de déblais le long du tracé :

Tableau IX-1 Compressibilité des zones de déblais

Localisation	Hauteur max (m)	Unité géotechnique	Compressibilité
PK 80+128.4506	26.25	Ei_1, Ei_2,Ei_3	Non compressible.
PK 82+720	18.01	Pa-cs1b, Pa-cs1a, Pa-cs3	
PK 83+450	22.46	Pa-cs1b, Pa-cs2, Pa-cs3	
PK 88+370	22.86	Qar.	
PK 89+800	25.44	Ei_1, Ei_2,Ei_3 Pacs3	

La géométrie des talus en déblais choisie va t'être en fonction de la géométrie de la plateforme routière et le type de drainage tout en assurant la stabilité de l'ouvrage en respectant le coefficient global de sécurité F :

- Fs≥1.5 pour la stabilité à court terme.
- Fs≥1.3 pour la stabilité à long terme.

- Fs≥1 pour la stabilité sismique.

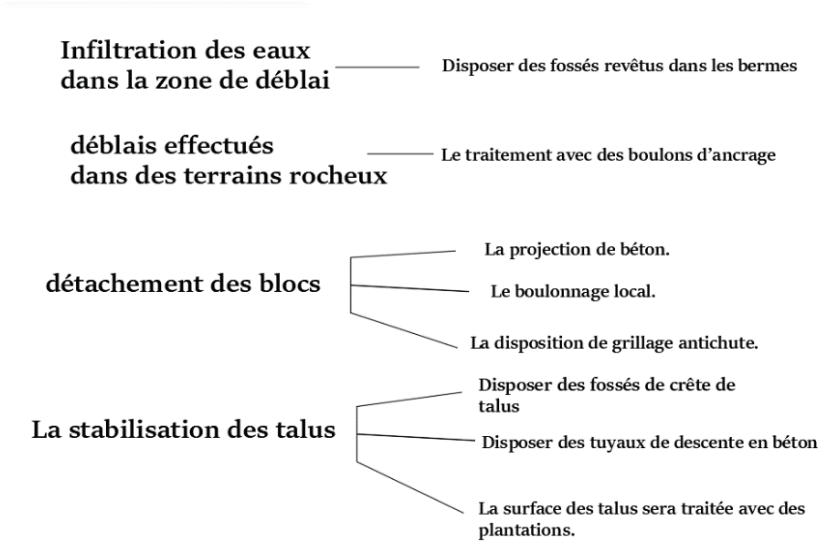
Pour notre cas (d'après les sondages des essais géotechnique notre terrain varie entre argilite et grés carbonaté) on a un terrain semi-dur donc on a opté pour **une pente de 3H :2V** (afin d'aboutir à la protection des surfaces et éviter les dégâts)

Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Le déblai a été modélisé avec une inclination de 3H : 2V
- Les surfaces de rupture supposées ont été circulaires.
- Le niveau phréatique a été pris en considération.
- L'aspect sismique a été pris en considération.

Cas susceptibles et leurs solutions :

Des cas susceptibles de se produire avec les solutions proposées :



Vérifications à effectuer pour les remblais sont :

- ✓ Vérification de la stabilité à la rupture par glissement générale (court terme, long terme et sismique pseudo statique).
- ✓ Vérification de la stabilité au poinçonnement (terrain semi dur donc on pas de tassement).
- ✓ Évaluation des amplitudes et de la cinétique des tassements (dans notre cas on pas de problème de tassement (pas de compressibilité).

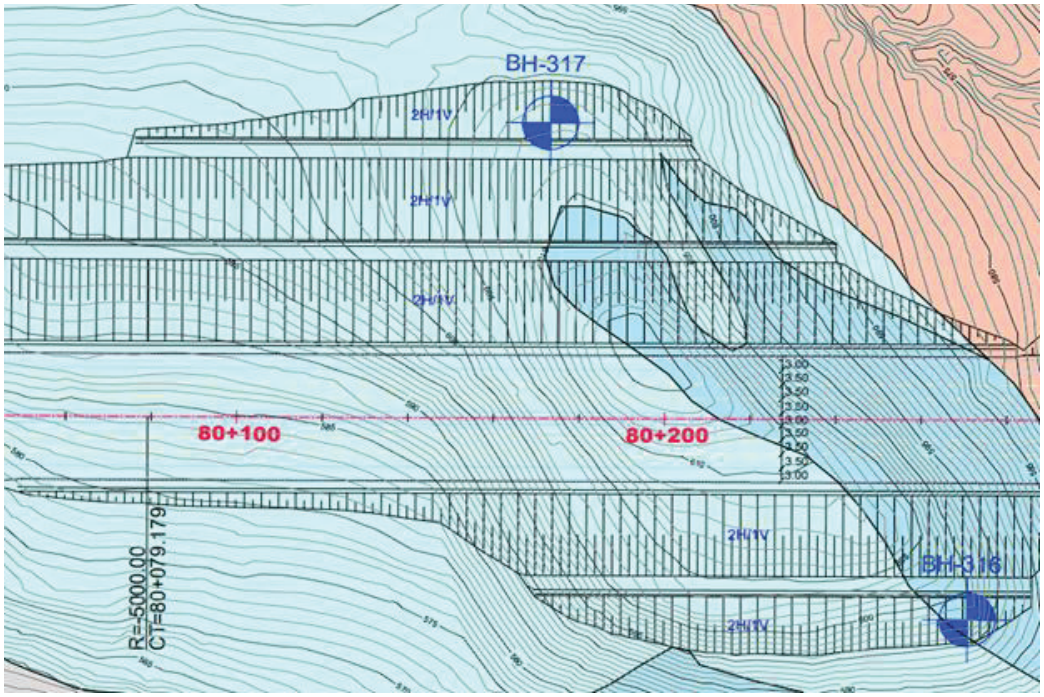


Figure IX-1 Plan géologique de la zone d'implantation du sondage carotté BH-317

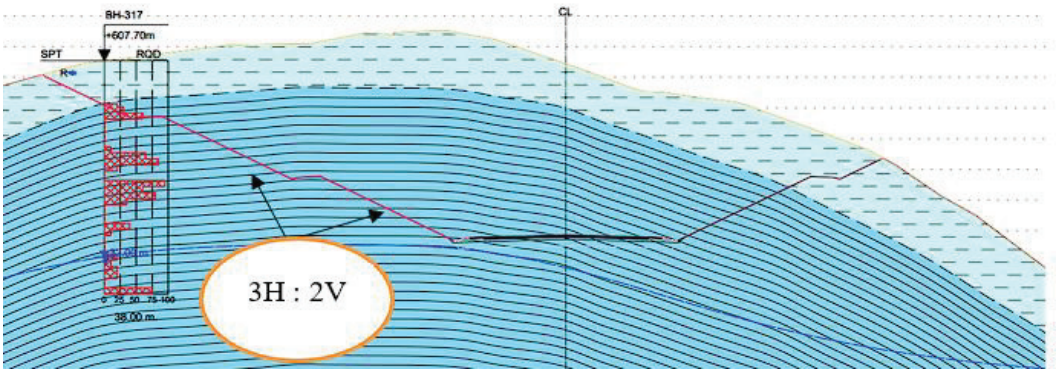


Figure IX-2 Profil en travers déblai

IX.4.1 La méthode de calcul :

Nous allons vérifier la stabilité vis-à-vis du glissement du profil qui représente la hauteur de déblai la plus importante à savoir celle du **PK 80+128.4506** d'une hauteur de **26.25**m.

Le calcul de la stabilité est fait avec les coefficient partiels à l'aide du logiciel « SLIDE 6.0 »

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

IX.4.2 Paramètre géotechnique :

Les paramètres géotechniques pour les unités géologique de la zone d'examen ont été déterminer en se basent sur les informations communiquées dans les études d'exploitation et ont été indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX-2 Paramètres géotechnique des unités géologique

Couches	γ(Kn/m^3)	C'	φ'(degré)
Ei1	20	5	27
Ei2	24	100	30
Ei3	24	100	30

IX.4.3 Facteur de sécurité pour déblai

Tableau IX-3 Facteur de sécurité pour déblai

Déblai	Pente appliqué	Facteur de sécurité		
		Avec drainage (long terme)	Sans drainage (court terme)	Cas sismique
PK 80+128.4506	3 : 2	1.747	6.040	4.613

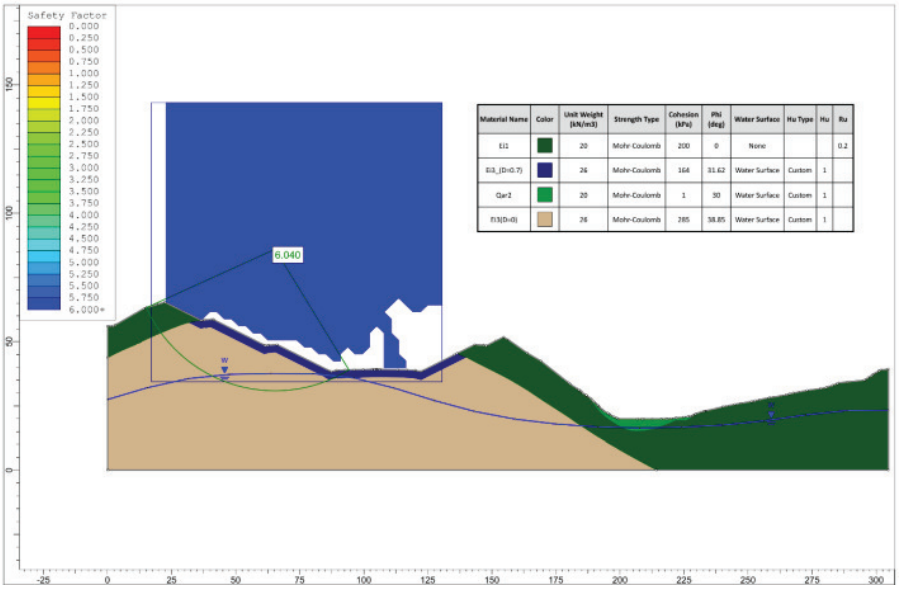


Figure IX-3 Analyse de stabilité en situation non drainée de la section PK 80+128.4506

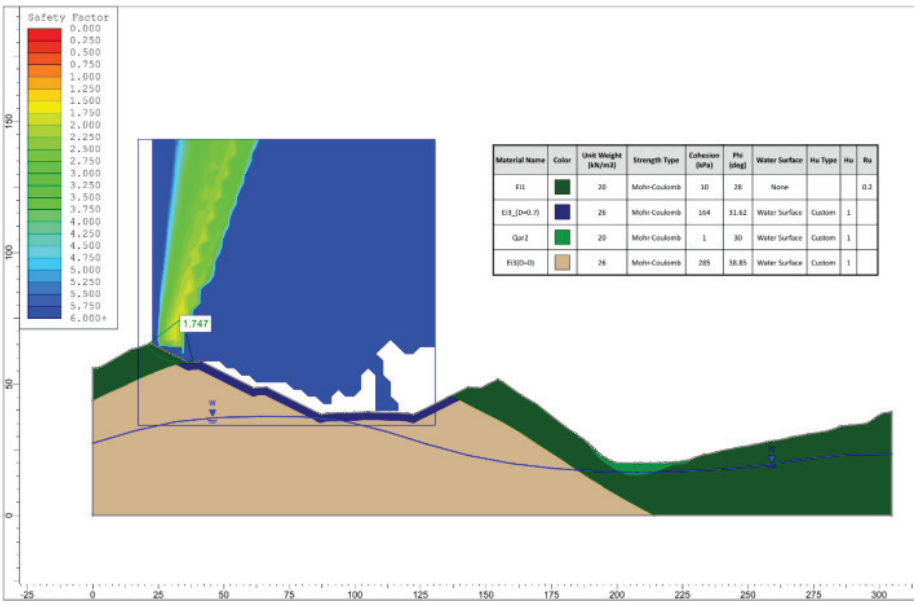


Figure IX-4 Analyse de Stabilité en Situation Drainée de la Section PK 80+128.4506

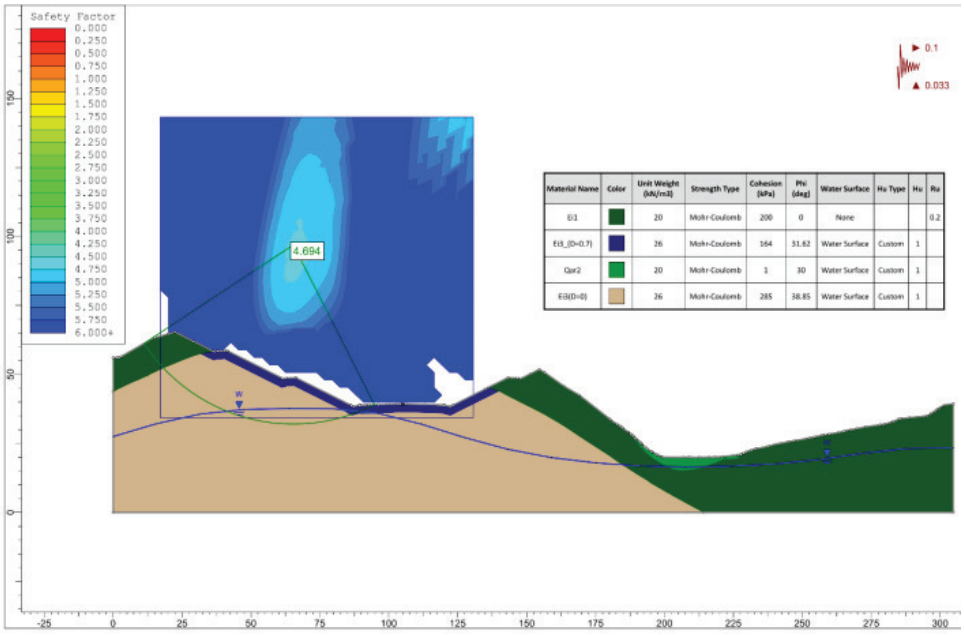


Figure IX-5 Analyse de Stabilité en Situation sismique de la Section PK 80+128.4506

IX.4.4 Interprétation des résultats :

- ✓ Cas non drainées (court terme) : Fs= 6.040>1.5 ➔ (Validé)
- ✓ Cas avec drainage (long terme) : Fs=1.747>1.3 ➔(validé)
- ✓ Cas sismique (dynamique) : Fs=4.613>1 ➔(validé)

IX.5 Analyse de stabilité du remblai :

Remblais :

Le tableau montre les principales zones de remblais le long du tracé :

Tableau IX-4 Compressibilité des zones de remblais

Localisation	Hauteur max (m)	Unité géotechnique	Compressibilité
PK 82+170	14.54	Pa-cs1a, Pa-cs1b, Pa-cs3	Non compressible
PK 89+069	23.06	Ei3	
PK 89+900	25.90	Pa-cs1a, Pa-cs1b, Pa-cs2	

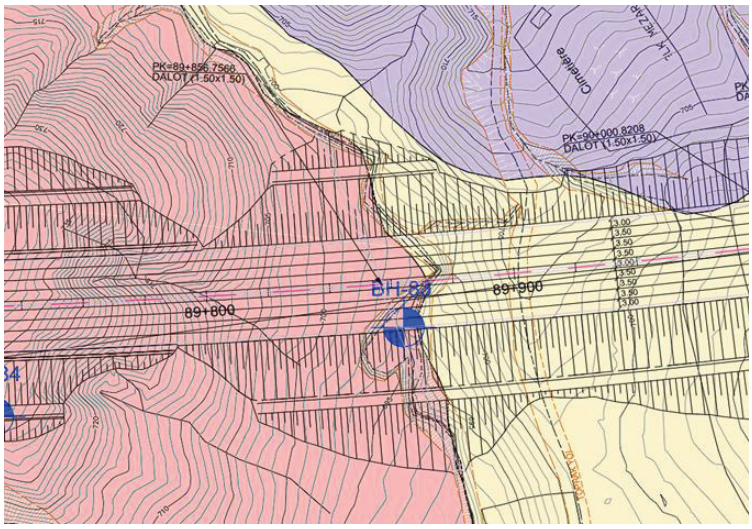


Figure IX-6 Plan géologique de la zone d'implantation du sondage carotté BH-83

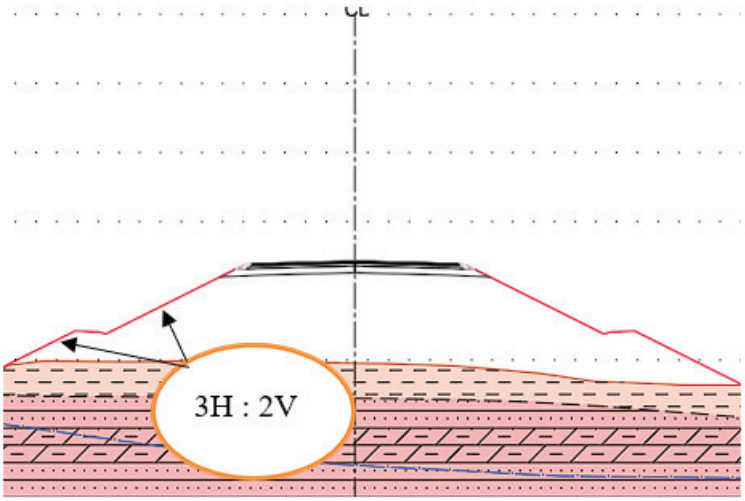


Figure IX-7 profil en travers remblai

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblai la plus importante qui est au niveau du **PK 89+900** avec une hauteur de **25.90 m.**

On prend on considération les données suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de **3H : 2V.**
- Les surfaces de ruptures supposées ont été **circulaire.**
- Le **niveau phréatique** a été pris en considération.

Note :

Vu la hauteur importante des déblais et remblais il est nécessaire de placé de Risberme (afin d'assurer la stabilité du talus à long terme) le long du talus avec la vérification de sa stabilité en utilisant la méthode de Bishop.

Pour le déblai : on prévoit une risberme de 3m tous les 8m.

Pour le remblai : une risberme de 3m tous les 8m.

IX.5.1 Paramètre géotechnique :

Les paramètres géotechniques pour les unités géologique de la zone d'examen ont été déterminer en se basent sur les informations communiquées dans les études d'exploitation et ont été indiqué dans le tableau ci-dessous

Tableau IX-5 Paramètres géotechnique des unités géologique

Couches	γ(Kn/m^3)	C'	φ'(degré)
Pa-cs1a	20	5	25
Pa-cs1b	21	5	26
Pa-cs2	21	5	27

IX.5.2 Facteur de sécurité pour remblai :

Remblai	Pente appliqué	Facteur de sécurité		
		Avec drainage (long terme)	Sans drainage (court terme)	Cas sismique
Pk 89+900	3 : 2	1.723 (stable)	1.723 (stable)	1.409 (stable)

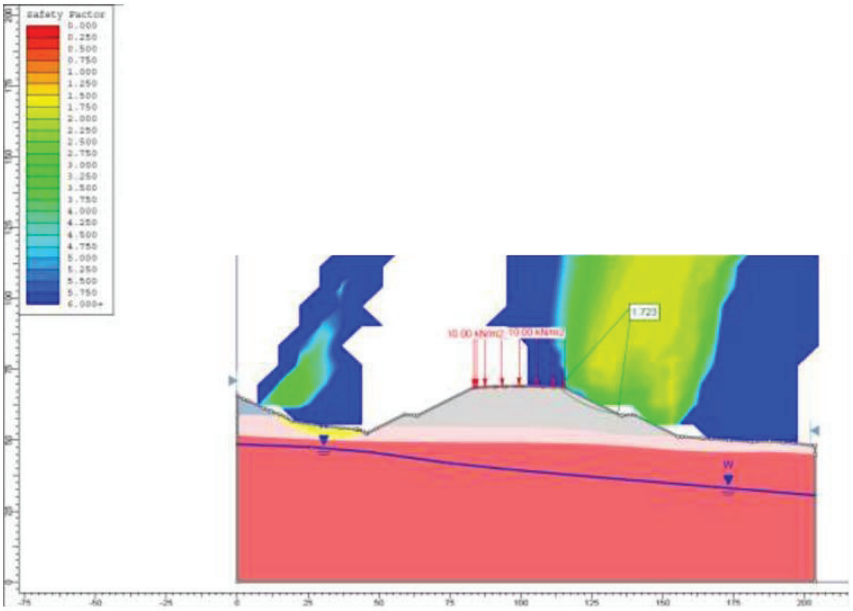


Figure IX-8 Analyse de Stabilité en Situation Drainée de la Section Pk 89+900

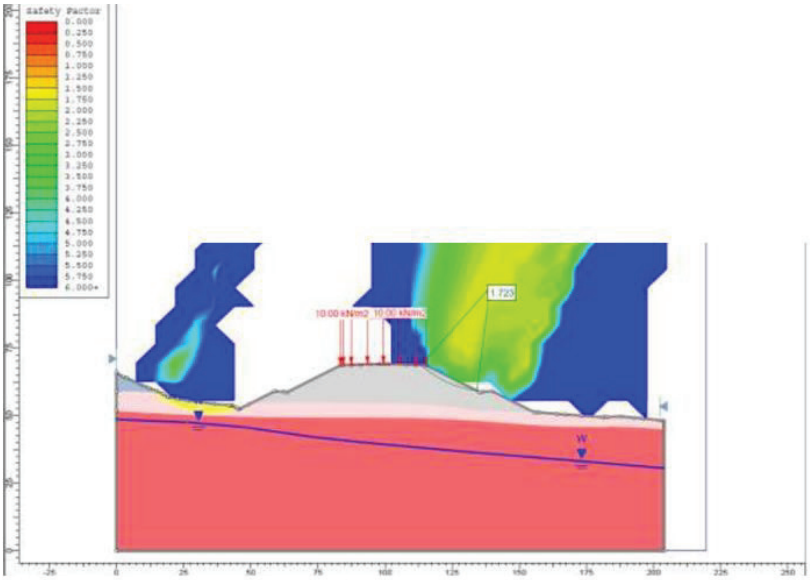


Figure IX-9 Analyse de stabilité en situation non drainée de la section PK 89+900

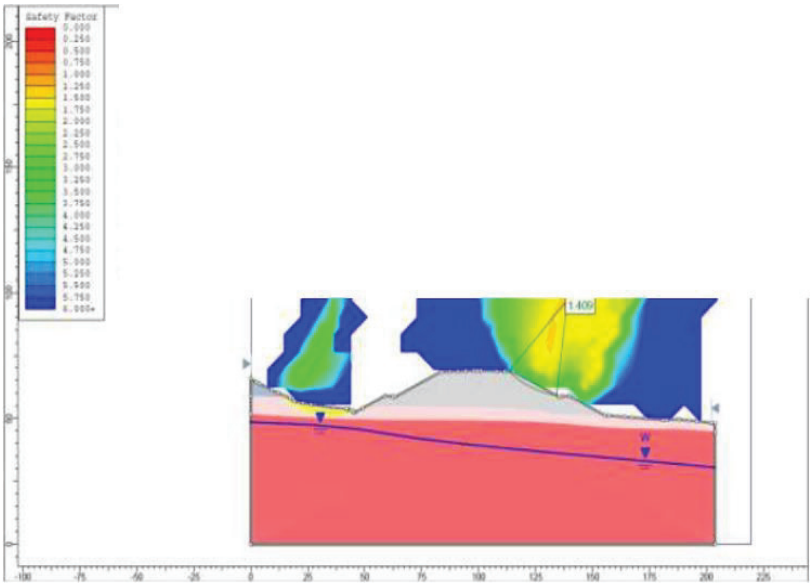


Figure IX-10 Analyse de Stabilité en Situation sismique de la Section PK 89+900

Interprétation des résultats :

- ✓ Cas non drainées (court terme) : Fs= 1.723 >1.5 ➔ (Validé)
- ✓ Cas avec drainage (long terme) : Fs=1.723 >1.3 ➔(validé)
- ✓ Cas sismique (dynamique) : Fs=1.409 >1 ➔(validé)

IX.6 Conclusion :

D'après l'interprétation des résultats obtenue on conclut que dans les deux cas (remblai et déblai) le terrain est stable car l'ensemble des facteurs de sécurité sont supérieure à 1.15.

Il est recommandé de couvrir les talus par un sol végétale et prévoir des entretiens au futur pour les fossés des talus.

X. CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1 Introduction :

Un échangeur est une d'infrastructure routière conçu spécifiquement pour faciliter les transitions entre différentes routes ou autoroutes. Il permet aux conducteurs de changer de direction ou de passer d'une voie à une autre de manière fluide et sécurisée, souvent en utilisant des bretelles d'accès et de sortie.

X.2 Avantages des échangeurs :

- ✓ Améliorer le confort et la sécurité des usagers lors de leurs déplacements.
- ✓ Réduire les points de conflit susceptibles de causer des accidents graves.
- ✓ Éviter les points d'arrêt qui entraînent des pertes de temps considérables.
- ✓ Minimiser les contraintes d'arrêt et de reprise de circulation.
- ✓ Assurer la continuité du réseau autoroutier.

X.3 Type d'échangeurs :

Deux types d'échangeurs principaux existent :

- ✓ **Echangeur majeur :**
  Raccordement autoroute-autoroute
  - Trèfle complet.
  - Bifurcation « Y ».

- ✓ **Echangeur mineur :**
  Raccordement autoroute-route ordinaire/route secondaires.
  - Trompette ou T
  - Losange
  - Demi trèfle

X.4 Eléments d'un échangeur :

- L'ouvrage d'art
- Carrefour
- Bretelles

Un échangeur est désigné par :

- Nœud (raccord de voie rapide-voie rapide).
- Diffuseur (raccord de voie rapide-réseau voies urbain classique).
- Mixte (raccord de : autoroute-autoroute).

X.5 **Choix du type d'échangeur** :

Pour bien concevoir un échangeur il faut suivre les règles suivantes :

- ✓ Détermination de tracé
- ✓ Projection de plusieurs variantes d'échangeurs
- ✓ Analyse et choix

X.6 Application au projet :

Le type d'échangeur le plus adéquat pour notre projet qui relie notre autoroute (2x3 voies) et la RN77 (2x1 voies) au PK 85+700 au niveau de « Maaouia » est l'échangeur de type diffuseur, géométrie en losange.

La vitesse de référence de notre projet est de 110 Km/h,et pour les bretelles la vitesse de référence est de 40 Km/h

X.6.1 Caractéristiques géométrique des bretelles :

Les bretelles sont à une seule voie pour les diffuseurs. (Selon l'ICTAAL)

X.6.1.1 Tracé en plan

Le rayon de la première courbe rencontrée en sortie doit être au moins de 100 m.

Le rayon minimal non déversé (Rnd) doit être au moins de 300 m.

Le devers entre Rnd et Rm : d(m) =(675/R)+0.25, entre 300 et 100 m.

X.6.1.2 Profil en long :

Tableau X-1Valeurs limites des paramètres du profil en long

	Valeurs limites
Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m

Au carrefour de raccordement avec la voirie ordinaire, on peut utiliser des rayons inférieurs sur de faibles développées.

X.6.1.3 Profil en travers :

Tableau X-2 Largeurs des composantes du profil en travers

Largeur des composantes du profil en travers de la bretelle	
Chaussée unidirectionnelle	3,50 m
B.D.D	1,00 m
B.D.G	0,50 m

Note : la largeur de la zone de sécurité est de 4m le long des bretelles

X.6.1.4 Pente transversale :

Pour notre cas qui est le cas d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente

En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2,5 % orientée vers la droite. Dans les courbes déversées, la pente varie linéairement en fonction de 1/R entre 2,5 % pour le rayon Rnd (300 m) et 7 % pour 100 m, et reste de 7 % en deçà de 100 m.

X.6.2 Voie d'accélération et de décélération :

Pour relier les bretelles de notre autoroute et la RN77 une voie d'accélération et une voie de décélération sont nécessaires.

X.6.2.1 Voie d'accélération :

Pour accéder de la RN77 à l'autoroute une voie d'insertion (accélération) est nécessaire.

Selon l' « ICTAAL » :

- **Section d'accélération :**

220 m Elle permet d'atteindre E = 1,00 m à la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s2 ;

- **Section de manœuvre** :

De longueur de 200m et de largeur de 3,50 m.

- **Biseau :**

Longueur : 75m

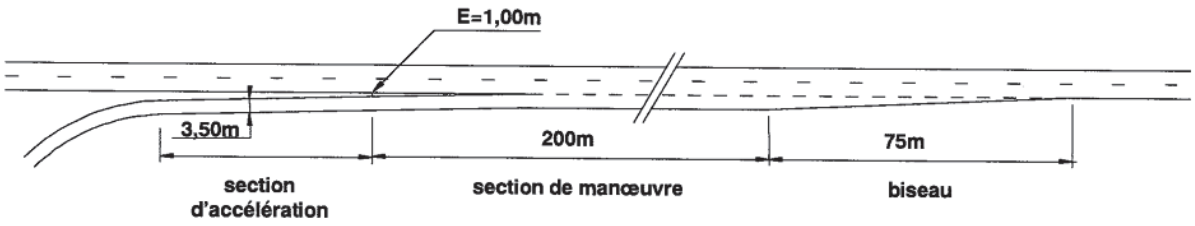


Figure X-1 Schéma du dispositif d'entrée

X.6.2.2 Voie de décélération :

Pour accéder à la RN77 depuis l'autoroute un dispositif de sortie (voie de décélération) est nécessaire.

- **Section de manœuvre** :

Biseau contigu à l'autoroute, de longueur 150m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint 1m

- **Section de décélération :**

Longueur permet de passer de 70 Km/h à

Avec une décélération de 1,5 m/s²

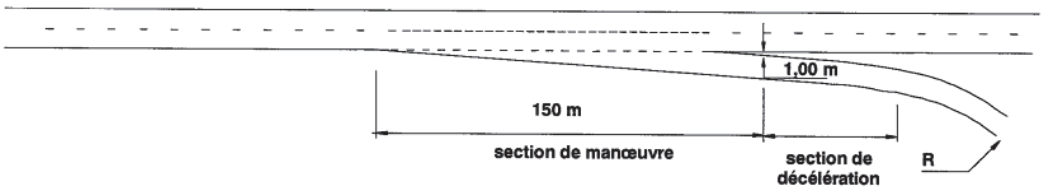


Figure X-2 Schéma du dispositif de sortie

X.6.3 Pont :

Le pont est d'une longueur de **36m**.

XI. SIGNALISATIONS

XI.1 Introduction :

La signalisation sur une autoroute, comprenant les panneaux, les marquages au sol et autres éléments visuels.

XI.2 Importance de la signalisation :

Elle revêt une grande importance pour les raisons suivantes :

- ✓ Sécurité : Elle permet d'assurer la sécurité des conducteurs en fournissant des indications sur les limitations de vitesse, les sorties, les virages et les pentes.
- ✓ Orientation : Elle aide les conducteurs à planifier leur trajet en indiquant les sorties, les distances restantes et les services disponibles.
- ✓ Régulation du trafic : Elle facilite la fluidité du trafic en guidant les conducteurs et en évitant les changements de voie imprévus.
- ✓ Conformité aux règles : Elle rappelle aux conducteurs les règles spécifiques de l'autoroute, comme les limitations de vitesse, favorisant une conduite responsable.
- ✓ Sécurité en cas d'urgence : Elle fournit des informations sur les sorties d'urgence, les services d'assistance et les numéros d'appel d'urgence pour une réponse rapide en cas de besoin.

En somme, la signalisation sur une autoroute joue un rôle essentiel dans la sécurité, l'orientation, la fluidité du trafic, le respect des règles et la réaction en cas d'urgence.

XI.3 Types de signalisations :

- ➢ Signalisation horizontale.
- ➢ Signalisation verticale.

XI.3.1 Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale sur une autoroute comprend les marquages au sol qui servent à orienter, informer et réguler la circulation des véhicules en délimitant clairement les sections de la chaussée réservées aux différentes directions de circulation ou à certaines catégories spécifiques d'usagers, sans laisser place à l'ambiguïté.

XI.3.1.1 Types de signalisation horizontale :

- Lignes de voie : séparent les voies de circulation et indiquent les dépassements autorisés.
- Flèches directionnelles : guident les conducteurs dans les changements de direction.
- Bandes de délimitation : définissent les zones de la chaussée.
- Lignes d'arrêt : indiquent où s'arrêter aux intersections ou aux entrées/sorties d'autoroute.
- Symboles/pictogrammes : fournissent des informations spécifiques.
- Zones hachurées : signalent les zones dangereuses, les travaux ou les interdictions d'arrêt.

XI.3.1.2 Caractéristiques générales des marques :

XI.3.2 Couleur :

- Blanc : marquage sur chaussée définitive.
- Jaune : marquage sur chaussée provisoire et pour la bande d'arrêt d'urgence (BAU).

XI.3.2.1 Largeur des lignes :

L'unité de largeur pour la signalisation horizontale est :

U=7,5 cm sur : l'autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et d'entrée/sortie sur aires.
U=6cm sur : route liée avec l'axe principale et la route nationale
U=5cm sur : toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.
Pour notre projet on prend U=7.5 cm.

XI.3.2.2 Marquages :

Lignes longitudinales :

Les lignes longitudinales utilisées dans la signalisation routière sont regroupées en différentes catégories. Les principales catégories comprennent :

- Les lignes continues : délimite les voies de circulation, interdiction de franchir sauf en cas de nécessité.
- Les lignes discontinues : sépare les voies de circulation, autorisation de franchir pour dépassement ou changement de voie en sécurité.
- Les lignes mixtes (continues et discontinues) : signalisation spécifique, dépassements autorisés ou interdits.
- Les lignes de bordure d'accotement : délimite l'accotement, zone réservée à d'autres usages comme l'arrêt d'urgence.
- Les lignes de séparation de voies : sépare les voies avec différentes caractéristiques, comme les voies réservées aux véhicules HOV ou aux bus.

En résumé ces lignes servent à délimiter les voies de circulation, indiquer les zones de dépassement autorisé et les zones réservées à certaines catégories d'usagers. Elles contribuent à la sécurité routière en fournissant des indications claires aux conducteurs.

Caractéristiques des lignes longitudinales :

Tableau XI-1 Caractéristiques des lignes longitudinales

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Délimitation du contour des ilots	3U
	Ligne séparant le sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	2U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U

T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne « cédez le passage »	50cm

Caractéristiques des lignes discontinues :

Tableau XI-2 Caractéristiques de lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
Rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Blanc
Transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc

XI.3.2.3 Flèches :

Flèche de rabattement : guide les conducteurs lorsqu'ils se rabattent d'une voie d'accélération sur une voie principale, assurant une fusion sûre et une circulation fluide.

Fleche de sélection : guide les conducteurs vers la voie adaptée en fonction de leur destination ou des indications de signalisation.

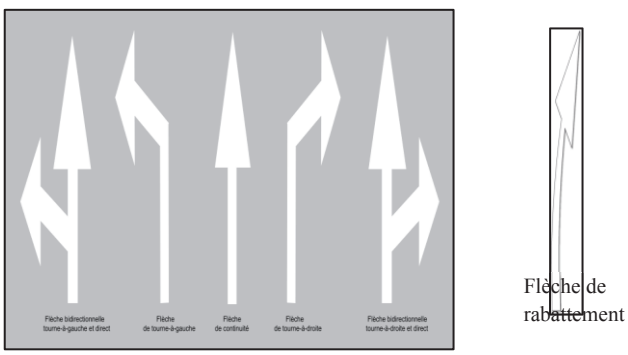


Figure XI-1 Types de flèches

XI.4 Signalisation verticale :

La signalisation verticale englobe les panneaux installés en hauteur le long des routes, transmettant des informations, des avertissements et des indications aux conducteurs, jouant ainsi un rôle clé dans la communication des règles de conduite et des informations essentielles pour garantir la sécurité et la fluidité du trafic.

Elle concerne les panneaux de prescription et d'obligation, triangulaires ou circulaires, indiquent la limitation de vitesse, les virages, les pentes élevées et les points dangereux.

XI.4.1 Types de panneaux :

Tableau XI-3 Type de panneaux de signalisations et leurs formes

Type	Signification		Forme des panneaux
Type A	Panneau de danger		Triangulaires
Type AB	Panneaux d'intersection et de priorité		Triangulaires, carrés (panneaux placés sur pointe) et octogonale
Type B	Panneaux de prescription :	Panneaux d'interdiction	Circulaires
		Panneaux d'obligation	
Type C	Panneaux d'indication utiles pour la conduite des véhicules		Rectangulaire à côtés horizontaux et verticaux
Type D	Panneaux d'indication d'installations pouvant être utiles aux usagers de la route		
Type E	Panneaux de direction		
Type EB	Panneaux de repérage		
Type G	Panneaux de début et de fin d'agglomération		
Type H	Panneaux d'information touristiques		
Type AK, K, KC, KD	Panneaux de signalisation temporaire		

XI.4.2 Implantation des signaux :

Ils peuvent être placés sur :

- ✓ Accotement (côté droit de la chaussée dans le sens de la circulation ou bien à gauche s'il n'est pas visible du côté droit).
- ✓ Terre-plein central.
- ✓ Au-dessus de la chaussée.

Exemples des différents panneaux sur notre autoroute :

Panneaux	Type	Signification	Plaques
Panneaux de danger	A1a, A1b	Virage	 
	AB3a, AB3a	Cedez le passage	 
Panneaux de préscription	B14	Interdiction de dépasser la vitesse limite	  
	B12	Interdit au véhicule de hauteur 5.25 m	
	B2a, B2b	Interdit de tourner	 
	B1	Sens interdit	
	B2d	Stationnement interdit	
	B29	Bande d'année d'urgence	
Panneaux d'indication	C207, C208	Entrée et sortie de l'autoroute	 
Panneaux de direction	D		 



XI.5 Dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée :

XI.5.1 Dispositifs latéraux en béton (glissière de sécurité) :

- ✓ Les glissières de sécurité en béton protègent contre les obstacles des infrastructures et du terrain.
- ✓ Elles évitent les changements de trajectoire dangereux et le renversement des véhicules.
- ✓ Leur implantation suit les recommandations du règlement "B40 Normes techniques d'aménagement des routes et I.C.T.A.A.L".
- ✓ Elles assurent la protection contre les remblais, dénivellations, fossés et autres ouvrages de drainage.
- ✓ Elles sécurisent également contre les superstructures telles que piles d'ouvrages d'art, poteaux électrifiés et franchissements des oueds.



Figure XI-2 Glissière en béton

XI.5.2 Glissière démontable :

- ✓ Glissières démontables pour basculement du trafic et passage rapide des véhicules d'urgence en cas d'accident.



Figure XI-3 Glissière démontable

XII. ETUDE IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 Introduction :

L'étude d'impact sur l'environnement dans le contexte d'une étude de conception routière consiste en une analyse approfondie des conséquences potentielles du projet sur l'environnement naturel et la population. Son objectif principal est de détecter, anticiper et évaluer les effets positifs et négatifs du projet sur l'environnement, afin de mettre en œuvre des mesures appropriées pour atténuer les impacts négatifs et maximiser les retombées positives.

L'étude se déroule selon trois phases (suivant le décret exécutif nº 90-78 du 27 février 1935 relatif aux études d'impact sur l'environnement.) :

- **Première phase** : analyse de l'état initial du site et de son environnement (richesses naturelles, espaces agricoles, forestier, maritime …etc. affectés par les travaux)
- **Deuxième phase** : analyse des effets sur l'environnement (la faune et la flore, les bruits, vibrations, fumées … etc.
- **Troisième phase** : mesures envisagées afin de supprimer/réduire et compenser les conséquences du projet ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes.

XII.2 Première phase : Analyse de l'état initial du site

Concernant le tronçon routier (PK 80-PK90) étudié lors de ce PFE, il passe essentiellement par la commune de « Dehamcha » située au niveau de la wilaya de Sétif.

XII.2.1 Climat :

Situé aux piémonts du Tell sétifien qui est caractérisé par l'étage semi-aride aux hivers frais et aux étés secs et chauds avec une pluviométrie annuelle qui varie entre 700 et 800 mm/an.

XII.2.2 Relief et géologie :

La morphologie du terrain est relativement plane et les versants caractérisés principalement par la présence d'affleurements de marnes noires du crétacé, et une morphologie d'érosion typique des terrains marneuses et marno-argileuses et des couvertures d'âge post-Miocène. Cette section évolue dans une région à relief collinaire parfois montagneux, boisée avec des versants peu abrupts appartenant aux nappes telliennes, renfermant des bancs durs de marne, de marno-calcaire, d'argile, de formations triasiques et des colluvions.
Avec une altitude moyenne de 500 à 700 m.

XII.2.3 Erosion des sols :

La zone est située sur les hautes plaines de Sétif là où des phénomènes érosifs importants se sont développés et ont « mités » la couverture protectrice.

XII.2.4 Eaux superficielles :

Les plus importantes nappes qui constituent le réservoir d'eau sont les oueds : oued Dehamcha et oued Kebir sur le long du tracé.

XII.2.5 Eaux souterraines :

Selon le rapport géotechnique quelques nappes ont été détecter à différentes profondeurs à différents PK.

XII.2.6 Milieu humain :

Région administrative concernée : la commune de Dehamcha, Ain Kbira à Sétif

Bâti et population : un nombre important de population était concentré sur la zone de Ouled Maaiza, ce qui à obliger à faire un changement de tracé pk84 à 86, mais quelques maisons restent tout de même près/sur notre tracé.

Infrastructures :

Réseau routier : la RN77

Chemins communales (route de Maaouia)

Chemins agricoles

Réseaux de transport et de distribution d'énergie électrique, conduite souterraine.

Activités commerciales :

Principalement basé sur l'agriculture, et quelques commerces existent le long de la RN77.

Zones agricoles :

La vocation de la zone concernée est principalement :

Céréalière ainsi que des fruit, fruits secs, les féculent tel que les haricots et les lentilles …. Etc, dans les hautes plaines possédant de bons sols agricoles, caractérisées par une bonne pluviométrie.

XII.3 Deuxième phase : analyse des effets sur l'environnement

XII.3.1 La faune et la flore :

Flore : Climat sec, pas de grande forêt seulement quelques petites forêts.

Faune : grandes variétés d'oiseaux, et différents animaux.

XII.3.2 Santé publique :

Les populations les plus sensibles peuvent être affectées par les nuisances liées à la pollution de l'air et au bruit. Dans la zone d'étude, la qualité de l'air est généralement bonne en raison de l'absence d'installations industrielles majeures dans les régions traversées. Cependant, le trafic routier reste la principale source de pollution de l'air dans cette zone.

XII.4 Contraintes :

XII.4.1 Contraintes géotechniques :

La topographie de zone nécessite la réalisation de plusieurs d'ouvrages d'art et hydrauliques.

XII.4.2 Contraintes techniques :

-Plusieurs routes seront croisées (des passages supérieurs ou inférieurs sont à envisagés).

-Des réseaux de transfert d'eau.

-Des réseaux de gaz.

-Des réseaux d'eau potable et d'irrigation vont croiser le tracé.

-Plusieurs réseaux électriques et de télécommunications rencontreront aussi le projet.

-assainissement des eaux usées.

XII.4.3 Contraintes sociales :

Malgré l'optimisation du tracé pour éviter les zones construites, plusieurs bâtiments isolés seront affectés par le projet et devront être déplacés. De plus, les utilisations des sols, notamment à l'agriculture, seront indemnisées en raison des modifications et des pertes d'utilisation.

XII.4.4 Contraintes écologiques :

Aucun habitat spécifique répertorié abritant des espèces fauniques ou floristiques endémiques ou en danger n'est traversé par le projet.

XII.5 Impacts positives :

Le projet présente plusieurs impacts positifs pour la population des secteurs traversés, notamment la création d'emplois temporaires locaux, des connexions améliorées pour les zones touristiques, la valorisation du port de Djendjen, une meilleure fiabilité du transport des marchandises à l'échelle nationale et la décongestion des autres ports importants. Ainsi que le désenclavement de la zone.

XII.6 Impacts négatives :

Le projet entraîne la perte de quelques terres agricoles dans la plaine dans les hauts plateaux de Sétif, ce qui réduit un peu le potentiel agricole et diminue la production. Il y a une augmentation significative du trafic dans les agglomérations proches du tracé, ce qui entraîne une augmentation de la pollution de l'air et des nuisances sonores. De plus, le commerce situé le long des axes routiers existants (RN27, 77 et 43) subit une légère perte de clientèle.

XII.7 Troisième étape : mesures d'atténuation préconisées :

Tableau XII-1 Impacts sur l'environnement et les mesures préconisées

Impacts	Mesures préconisées
Destruction d'habitations	Expropriation et/ou indemnisation des habitants
Effet de coupure de la circulation	Rétablissements des routes
Erosion des sols	Stabilisation et végétalisation des talus
Pollution des eaux	Mise en place de dispositifs de traitement des eaux
Niveau sonore élevé	Installation d'écrans anti-bruit
Réduction de végétation	Reconstitution de la lisière des forêts et reboisement
Fermeture des itinéraires pour la faune	Aménagement de passages de franchissement et clôtures spéciales
Cicatrices dans le paysage	Plantation des abords et traitement architectural
Effet de coupure des chemins agricoles	Rétablissement des chemins et pistes agricoles
Acquisition des terres agricoles	Compensation financière ou physique, rétablissement des
Fermeture des itinéraires pour la petite et la grande faune. **Risque de collision véhicule et animal.**	Aménagement de passages souterrains et des clôtures spéciales pour faciliter le passage des animaux et les diriger vers les passages recommandés.

XII.8 Conclusion :

Après une évaluation minutieuse des impacts positifs et négatifs du projet, ainsi que les mesures environnementales et sociales prévues il semble que le projet est socialement et écologiquement acceptable. Les mesures proposées permettront de minimiser et de compenser de manière globale les effets néfastes de l'autoroute. Afin d'assurer une acceptabilité à long terme, un suivi rigoureux de l'efficacité de ces mesures est nécessaire.

XIII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1-Opération préliminaire				
Installation du chantier	Forfait	(2+3+4)	3%	80117147,66
2-Travaux de préparation				
Préparation du terrain	m²	406062.1	1200	487274520,00
3-Terrassements				
Décapage de terre végétale sur 20 cm	m^3	142301,9	200	29860380,00
Déblais mis en remblai y compris la mise en œuvre	m^3	800499.21	1000	2668330700,00
Remblai d'emprunt y compris transport et mise en œuvre	m^3	199864,83	1200	2398377960
TOTAL				**5096569040**
4-Chaussée				
Couche de roulement en béton BB(2.4g/cm³)	m^3	14617,0	8500	124244500,00
Couche de base+fondation en grave bitume GB (2.2g/cm³)	m^3	56830.7	6500	369399550,00
Mise en œuvre d'une couche de forme sur épaisseur de 60cm en TUF	m^3	154218,8	1800	277593840
Couche d'imprégnation 800 à 1500 g/m²	T	49991.8512	250	12497962,8
Couche d'accrochage 200 à 300 m²	T	9998.37024	250	2499592,56
TOTAL				**786235445,4**
Ouvrage d'art				

5-Assainissement				
Dalot	m^3	465.808	65000	30277520,00
Ouvrage d'entrée et de sortie de buse	U	18	150000	2700000,00
Buse ϕ1500	ML	176.832	35000	6189120,00
Les cunettes -descente d'eau	ML	180	5000	900000,00
Fossé en terre	ML	3566.2158	120	427945,896
Fossés trapézoïdale en béton	ML	5207	3500	18224500,00
TOTAL				**58719085,9**
6-Signalisation				
Ligne discontinué T4 3U (BAU)	ML	12132	250	3033000,00
Ligne discontinué T1 2U (entre les voies)	ML	13132	250	3033000
Ligne continue	ML	23351	250	5837750
Signalisation verticale type A	U	16	6500	104000,00
Signalisation verticale type B	U	18	8500	153000,00
Signalisation verticale type C	U	12	9000	108000,00
Signalisation verticale type D	U	4	9000	36000,00
Signalisation verticale type E	U	14	13500	189000,00
TOTAL				12639750,00

7-Divers				
Glissière de sécurité en béton	ML	23351	7500	175132500,00
Protection des conduites des GAZ	U	3.5	30000	105000,00
Déplacement des poteaux électrique	U	5	400000	2000000,00
TOTAL				**177237500,00**
9-Impacte sur l'environnement	Forfait	3+4+5	1%	59415235,71
10-Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	3+4+5	2%	118830471,40
TOTAL (HT)				6877038196,00
TVA 19 %				1306637257.24,00
TOTAL EN TTC (DA)				**818367545324,00**

Le total général en lettre est : Huit cent dix-huit milliards trois cent soixante-sept millions cinq cent quarante-cinq mille trois cent Dinars Algérien.

XIV. CONCLUSION GENERALE :

CONCLUSION GENERALE :

Le projet en question qui est une étude APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière du PK 80+000 au PK 90+000 situé dans la commune de Dehamcha, Ain Kbira, Sétif, avec conception d'un échangeur, revêt une importance cruciale dans le développement économique de la région et du pays, en reliant le port de Djen-Djen à l'autoroute est-ouest. Dans le cadre du programme de relance économique axé sur le développement durable, ce projet s'inscrit dans une démarche visant à améliorer et à aménager des infrastructures de qualité, capables de répondre aux besoins de transport des usagers des autoroutes.

Pour mener à bien l'étude de ce tronçon, nous avons réalisé des études approfondies dans divers domaines tels que la géométrie, la géotechnique, l'hydraulique, la stabilité des talus, ainsi que l'insertion du projet dans son environnement et ses impacts. Toutes ces études ont été menées conformément aux normes et aux recommandations établies par l'ICTAAL et le guide d'assainissement routier SETRA.

Au cours de cette étude, nous avons dû faire face à plusieurs contraintes techniques, ainsi que le manque de données, pour lesquelles nous avons cherché les meilleures solutions disponibles. Cette expérience nous a également permis d'approfondir nos connaissances et de renforcer notre maîtrise des logiciels informatiques spécialisés tels que AutoCAD, AUTOPISTE, Global Mapper, ALIZE.

En conclusion, ce projet a été une opportunité précieuse pour enrichir et compléter notre formation, en nous plongeant dans les multiples facettes du domaine des Travaux Publics, indispensables à tout ingénieur qualifié.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Schéma directeur routier et autoroutier 2005-2025.

[2] Manuel de projet de routes, Mr GOUMETTRE, Mme. KALLI, office des publications universitaires Alger, édition n° 5266,2011.

[3] SETRA, ICTAAL (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison) 2000, France, publiée au B.O. n° 24 le 10/01/2001.

[4] Cours de routes de 2ème année spécialité DIB, Tavaux publics, Mr KARA Benchohra. ENSTP.

[5] Cours de géotechnique routière 2ème année spécialité DIB, Travaux publics, Mmdr. DERRICHE, ENSTP.

[6] Guide des terrassements routier (GTR).

[7] Catalogues de dimensionnement de chaussée neuves (novembre 2001) (Fascicule 1, Fascicule 2, Fascicule 3).

[8] Cours hydraulique 2ème année spécialité DIB, Travaux publics, Mr. Rahmani. ENSTP.

[9] B40.

WEBOGRAPHIE

Wikipedia =, http://www.Wikipédia.org

Scribd, https://fr.scribd.com/

Site du port Djen-Djen, https://djendjen-port.dz/

Site de l'ADA : https://ada.dz/

ANNEXES

ANNEXE A :

Listing de la géométrie de l'axe en plan :

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	231.69gr	568,560	79571,060	737097,617	4033297,007
Arc 1	Rayon Centre X Centre Y	1000.000 m 737704.819 m 4032319.988 m	334,699	80139,620	736826,159	4032797,436
Droite 2	Gisement	210.38gr	248,094	80474,319	736718,082	4032482,316
Arc 2	Rayon Centre X Centre Y	3600.000 m 740230.062 m 4031653.133 m	781,617	80722,413	736677,810	4032237,512
Droite 3	Gisement	196.56gr	279,128	81504,031	736635,323	4031458,587
Arc 3	Rayon Centre X Centre Y	2000.000 m 738647.485 m 4031287.947 m	742,735	81783,159	736650,407	4031179,866
Droite 4	Gisement	172.92gr	645,345	82525,894	736825,766	4030462,514
Arc 4	Rayon Centre X Centre Y	3200.000 m 740006.861 m 4031195.388 m	1223,102	83171,239	737092,110	4029874,696
Droite 5	Gisement	148.58gr	490,847	84394,341	737795,034	4028882,853
Arc 5	Rayon Centre X Centre Y	-1700.000 m 736974.720 m 4027315.047 m	1373,120	84885,188	738149,753	4028543,581
Droite 6	Gisement	200.00gr	760,750	86258,308	738674,720	4027314,938
Arc 6	Rayon Centre X Centre Y	-3800.000 m 734874.671 m 4026554.431 m	1054,000	87019,058	738674,671	4026554,187
Droite 7	Gisement	217.66gr	309,689	88073,058	738529,366	4025513,660
Arc 7	Rayon Centre X Centre Y	-1000.000 m 737482.784 m 4025489.700 m	442,472	88382,747	738444,546	4025215,813
Droite 8	Gisement	245.83gr	358,681	88825,219	738234,653	4024830,387
Arc 8	Rayon Centre X Centre Y	2800.000 m 740103.401 m 4022714.629 m	627,601	89183,901	737998,169	4024560,706
Droite 9	Gisement	231.56gr	174,527	89811,502	737640,502	4024046,593
				89986,029	737557,480	4023893,079
Longueur totale de l'axe 10414.969 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.88 %	956,688	79571,060	590,691
Parabole 1	Rayon	7000.000 m	112,349	80527,748	582,246
	Sommet Absc.	80589.545 m			
	Sommet Alt.	581.973 m			
Pente 2	Pente	0.72 %	918,038	80640,096	582,155
Parabole 2	Rayon	6000.000 m	194,768	81558,134	588,785
	Sommet Absc.	81514.804 m			
	Sommet Alt.	588.629 m			
Pente 3	Pente	3.97 %	738,214	81752,902	593,353
Parabole 3	Rayon	-14010.120 m	774,217	82491,116	622,647
	Sommet Absc.	83047.080 m			
	Sommet Alt.	633.679 m			
Pente 4	Pente	-1.56 %	977,428	83265,333	631,979
Parabole 4	Rayon	16000.000 m	733,214	84242,761	616,752
	Sommet Absc.	84492.014 m			
	Sommet Alt.	614.810 m			
Pente 5	Pente	3.02 %	1415,413	84975,975	622,130
Parabole 5	Rayon	-90000.000 m	853,004	86391,389	664,943
	Sommet Absc.	89113.674 m			
	Sommet Alt.	706.114 m			
Pente 6	Pente	2.08 %	609,192	87244,393	686,702
Parabole 6	Rayon	-64000.000 m	757,977	87853,585	699,354
	Sommet Absc.	89182.852 m			
	Sommet Alt.	713.159 m			
Pente 7	Pente	0.89 %	1374,466	88611,562	710,609
				89986,029	722,878
Longueur totale de l'axe 10414.969 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10417.233 mètre(s)					

TABULATION

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Giseme nt	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	79571,060	Droite 1	Pente 1	568,772	590,691	331,69	737097,617	4033297,007	2,50	-2,50	-0,88
P02	79596,060	Droite 1	Pente 1	570,692	590,471	331,69	737085,680	4033275,041	2,50	-2,50	-0,88
P03	79621,060	Droite 1	Pente 1	577,136	590,250	331,69	737073,744	4033253,074	2,50	-2,50	-0,88
P04	79646,060	Droite 1	Pente 1	578,958	590,029	331,69	737061,808	4033231,108	2,50	-2,50	-0,88
P05	79671,060	Droite 1	Pente 1	580,819	589,809	331,69	737049,872	4033209,141	2,50	-2,50	-0,88
P06	79696,060	Droite 1	Pente 1	582,428	589,588	331,69	737037,936	4033187,175	2,50	-2,50	-0,88
P07	79721,060	Droite 1	Pente 1	582,195	589,367	331,69	737026,000	4033165,208	2,50	-2,50	-0,88
P08	79746,060	Droite 1	Pente 1	584,935	589,146	331,69	737014,063	4033143,242	2,50	-2,50	-0,88
P09	79771,060	Droite 1	Pente 1	587,661	588,926	331,69	737002,127	4033121,275	2,50	-2,50	-0,88
P10	79796,060	Droite 1	Pente 1	592,976	588,705	331,69	736990,191	4033099,309	2,50	-2,50	-0,88
P11	79821,060	Droite 1	Pente 1	596,984	588,484	331,69	736978,255	4033077,342	2,50	-2,50	-0,88
P12	79846,060	Droite 1	Pente 1	594,455	588,264	331,69	736966,319	4033055,376	2,50	-2,50	-0,88
P13	79871,060	Droite 1	Pente 1	592,703	588,043	331,69	736954,382	4033033,409	2,50	-2,50	-0,88
P14	79896,060	Droite 1	Pente 1	588,900	587,822	331,69	736942,446	4033011,443	2,50	-2,50	-0,88
P15	79921,060	Droite 1	Pente 1	583,680	587,601	331,69	736930,510	4032989,476	2,50	-2,50	-0,88
P16	79946,060	Droite 1	Pente 1	577,845	587,381	331,69	736918,574	4032967,510	2,50	-2,50	-0,88
P17	79971,060	Droite 1	Pente 1	578,894	587,160	331,69	736906,638	4032945,543	2,50	-2,50	-0,88
P18	79996,060	Droite 1	Pente 1	580,914	586,939	331,69	736894,701	4032923,577	2,50	-2,50	-0,88
P19	80021,060	Droite 1	Pente 1	577,551	586,719	331,69	736882,765	4032901,610	2,50	-2,50	-0,88
P20	80046,060	Droite 1	Pente 1	583,141	586,498	331,69	736870,829	4032879,644	2,50	-2,50	-0,88
P21	80071,060	Droite 1	Pente 1	584,409	586,277	331,69	736858,893	4032857,677	2,50	-2,50	-0,88
P22	80096,060	Droite 1	Pente 1	584,655	586,057	331,69	736846,957	4032835,711	2,50	-2,50	-0,88
P23	80121,060	Droite 1	Pente 1	585,033	585,836	331,69	736835,020	4032813,744	2,50	-2,50	-0,88

P24	80146,060	Arc 1	Pente 1	589,448	585,615	331,28	736823,103	4032791,768	2,50	-2,50	-0,88
P25	80171,060	Arc 1	Pente 1	602,537	585,394	329,69	736811,585	4032769,580	2,50	-2,50	-0,88
P26	80196,060	Arc 1	Pente 1	611,245	585,174	328,09	736800,625	4032747,111	2,50	-2,50	-0,88
P27	80221,060	Arc 1	Pente 1	611,200	584,953	326,50	736790,231	4032724,375	2,50	-2,50	-0,88
P28	80246,060	Arc 1	Pente 1	602,629	584,732	324,91	736780,408	4032701,386	2,50	-2,50	-0,88
P29	80271,060	Arc 1	Pente 1	588,727	584,512	323,32	736771,163	4032678,159	2,50	-2,50	-0,88
P30	80296,060	Arc 1	Pente 1	576,734	584,291	321,73	736762,501	4032654,708	2,50	-2,50	-0,88
P30-1	80300,633	Arc 1	Pente 1	575,584	584,251	321,44	736760,980	4032650,395	2,50	-2,50	-0,88
P31	80321,060	Arc 1	Pente 1	569,143	584,070	320,14	736754,429	4032631,048	2,50	-2,50	-0,88
P32	80346,060	Arc 1	Pente 1	565,766	583,850	318,55	736746,950	4032607,194	2,50	-2,50	-0,88
P33	80371,060	Arc 1	Pente 1	567,819	583,629	316,95	736740,070	4032583,160	2,50	-2,50	-0,88
P34	80396,060	Arc 1	Pente 1	569,919	583,408	315,36	736733,793	4032558,961	2,50	-2,50	-0,88
P35	80421,060	Arc 1	Pente 1	572,742	583,187	313,77	736728,123	4032534,613	2,50	-2,50	-0,88
P36	80446,060	Arc 1	Pente 1	575,001	582,967	312,18	736723,063	4032510,131	2,50	-2,50	-0,88
P36-1	80467,212	Arc 1	Pente 1	575,346	582,780	310,83	736719,261	4032489,324	2,50	-2,50	-0,88
P37	80471,060	Arc 1	Pente 1	575,360	582,746	310,59	736718,616	4032485,531	2,50	-2,50	-0,88
P38	80496,060	Droite 2	Pente 1	574,925	582,525	310,38	736714,553	4032460,863	2,50	-2,50	-0,88
P39	80521,060	Droite 2	Pente 1	574,886	582,305	310,38	736710,495	4032436,195	2,50	-2,50	-0,88
P40	80546,060	Droite 2	Parabole 1	574,547	582,108	310,38	736706,437	4032411,526	2,50	-2,50	-0,62
P41	80571,060	Droite 2	Parabole 1	574,439	581,997	310,38	736702,378	4032386,858	2,50	-2,50	-0,26
P42	80596,060	Droite 2	Parabole 1	573,680	581,976	310,38	736698,320	4032362,189	2,50	-2,50	0,09
P43	80621,060	Droite 2	Parabole 1	572,921	582,044	310,38	736694,262	4032337,521	2,50	-2,50	0,45
P44	80646,060	Droite 2	Pente 2	575,704	582,198	310,38	736690,204	4032312,853	2,50	-2,50	0,72
P45	80671,060	Droite 2	Pente 2	578,411	582,379	310,38	736686,146	4032288,184	2,50	-2,50	0,72
P46	80696,060	Droite 2	Pente 2	579,481	582,559	310,38	736682,087	4032263,516	2,50	-2,50	0,72
P47	80721,060	Droite 2	Pente 2	579,020	582,740	310,38	736678,029	4032238,847	2,50	-2,50	0,72
P48	80746,060	Arc 2	Pente 2	578,602	582,921	309,96	736674,048	4032214,166	2,50	-2,50	0,72

P49	80771,060	Arc 2	Pente 2	582,891	583,101	309,52	736670,237	4032189,459	2,50	-2,50	0,72
P50	80796,060	Arc 2	Pente 2	584,518	583,282	309,08	736666,599	4032164,725	2,50	-2,50	0,72
P51	80821,060	Arc 2	Pente 2	588,018	583,462	308,64	736663,132	4032139,966	2,50	-2,50	0,72
P52	80846,060	Arc 2	Pente 2	590,577	583,643	308,19	736659,837	4032115,184	2,50	-2,50	0,72
P53	80871,060	Arc 2	Pente 2	590,945	583,823	307,75	736656,715	4032090,380	2,50	-2,50	0,72
P54	80896,060	Arc 2	Pente 2	591,131	584,004	307,31	736653,764	4032065,555	2,50	-2,50	0,72
P55	80921,060	Arc 2	Pente 2	591,216	584,184	306,87	736650,987	4032040,710	2,50	-2,50	0,72
P56	80946,060	Arc 2	Pente 2	591,121	584,365	306,43	736648,381	4032015,846	2,50	-2,50	0,72
P57	80971,060	Arc 2	Pente 2	590,764	584,545	305,98	736645,949	4031990,965	2,50	-2,50	0,72
P58	80996,060	Arc 2	Pente 2	590,111	584,726	305,54	736643,689	4031966,067	2,50	-2,50	0,72
P59	81021,060	Arc 2	Pente 2	590,110	584,907	305,10	736641,603	4031941,154	2,50	-2,50	0,72
P60	81046,060	Arc 2	Pente 2	590,133	585,087	304,66	736639,689	4031916,228	2,50	-2,50	0,72
P61	81071,060	Arc 2	Pente 2	589,687	585,268	304,21	736637,949	4031891,289	2,50	-2,50	0,72
P62	81096,060	Arc 2	Pente 2	589,286	585,448	303,77	736636,381	4031866,338	2,50	-2,50	0,72
P63	81121,060	Arc 2	Pente 2	588,946	585,629	303,33	736634,987	4031841,377	2,50	-2,50	0,72
P64	81146,060	Arc 2	Pente 2	588,602	585,809	302,89	736633,767	4031816,407	2,50	-2,50	0,72
P65	81171,060	Arc 2	Pente 2	588,431	585,990	302,45	736632,720	4031791,429	2,50	-2,50	0,72
P66	81196,060	Arc 2	Pente 2	588,581	586,170	302,00	736631,846	4031766,444	2,50	-2,50	0,72
P67	81221,060	Arc 2	Pente 2	589,068	586,351	301,56	736631,146	4031741,454	2,50	-2,50	0,72
P68	81246,060	Arc 2	Pente 2	589,480	586,531	301,12	736630,620	4031716,459	2,50	-2,50	0,72
P69	81271,060	Arc 2	Pente 2	589,515	586,712	300,68	736630,267	4031691,462	2,50	-2,50	0,72
P70	81296,060	Arc 2	Pente 2	588,577	586,892	300,24	736630,087	4031666,463	2,50	-2,50	0,72
P71	81321,060	Arc 2	Pente 2	587,577	587,073	299,79	736630,081	4031641,463	2,50	-2,50	0,72
P72	81346,060	Arc 2	Pente 2	586,571	587,254	299,35	736630,249	4031616,463	2,50	-2,50	0,72
P73	81371,060	Arc 2	Pente 2	585,890	587,434	298,91	736630,591	4031591,466	2,50	-2,50	0,72
P74	81396,060	Arc 2	Pente 2	585,416	587,615	298,47	736631,106	4031566,471	2,50	-2,50	0,72
P75	81421,060	Arc 2	Pente 2	586,024	587,795	298,03	736631,794	4031541,480	2,50	-2,50	0,72

P76	81446,060	Arc 2	Pente 2	587,013	587,976	297,58	736632,656	4031516,495	2,50	-2,50	0,72
P77	81471,060	Arc 2	Pente 2	587,993	588,156	297,14	736633,692	4031491,517	2,50	-2,50	0,72
P78	81496,060	Arc 2	Pente 2	588,085	588,337	296,70	736634,901	4031466,546	2,50	-2,50	0,72
P79	81521,060	Droite 3	Pente 2	584,461	588,517	296,56	736636,243	4031441,582	2,50	-2,50	0,72
P80	81546,060	Droite 3	Pente 2	583,132	588,698	296,56	736637,594	4031416,619	2,50	-2,50	0,72
P81	81571,060	Droite 3	Parabole 2	581,696	588,892	296,56	736638,945	4031391,655	2,50	-2,50	0,94
P81-1	81581,410	Droite 3	Parabole 2	582,115	588,998	296,56	736639,505	4031381,320	2,50	-2,50	1,11
P82	81596,060	Droite 3	Parabole 2	582,823	589,179	296,56	736640,296	4031366,692	2,50	-2,50	1,35
P83	81621,060	Droite 3	Parabole 2	583,960	589,569	296,56	736641,647	4031341,728	2,50	-2,50	1,77
P84	81646,060	Droite 3	Parabole 2	583,177	590,064	296,56	736642,998	4031316,765	2,50	-2,50	2,19
P85	81671,060	Droite 3	Parabole 2	582,772	590,663	296,56	736644,349	4031291,801	2,50	-2,50	2,60
P86	81696,060	Droite 3	Parabole 2	583,318	591,366	296,56	736645,700	4031266,838	2,50	-2,50	3,02
P87	81721,060	Droite 3	Parabole 2	583,911	592,174	296,56	736647,051	4031241,875	2,50	-2,50	3,44
P88	81746,060	Droite 3	Parabole 2	584,504	593,085	296,56	736648,402	4031216,911	2,50	-2,50	3,85
P89	81771,060	Droite 3	Pente 3	585,117	594,073	296,56	736649,753	4031191,948	2,50	-2,50	3,97
P90	81796,060	Arc 3	Pente 3	585,737	595,065	296,15	736651,146	4031166,986	2,50	-2,50	3,97
P91	81821,060	Arc 3	Pente 3	585,395	596,058	295,35	736652,814	4031142,042	2,50	-2,50	3,97
P92	81846,060	Arc 3	Pente 3	585,285	597,050	294,56	736654,794	4031117,121	2,50	-2,50	3,97
P93	81871,060	Arc 3	Pente 3	585,559	598,042	293,76	736657,084	4031092,226	2,50	-2,50	3,97
P94	81896,060	Arc 3	Pente 3	586,179	599,034	292,96	736659,686	4031067,362	2,50	-2,50	3,97
P95	81921,060	Arc 3	Pente 3	587,463	600,026	292,17	736662,599	4031042,533	2,50	-2,50	3,97
P95-1	81945,271	Arc 3	Pente 3	595,613	600,987	291,40	736665,715	4031018,523	2,50	-2,50	3,97
P96	81946,060	Arc 3	Pente 3	595,736	601,018	291,37	736665,822	4031017,741	2,50	-2,50	3,97
P97	81971,060	Arc 3	Pente 3	598,483	602,010	290,58	736669,354	4030992,992	2,50	-2,50	3,97
P98	81996,060	Arc 3	Pente 3	601,258	603,002	289,78	736673,195	4030968,289	2,50	-2,50	3,97
P99	82021,060	Arc 3	Pente 3	602,487	603,994	288,99	736677,345	4030943,636	2,50	-2,50	3,97
P100	82046,060	Arc 3	Pente 3	601,070	604,986	288,19	736681,803	4030919,037	2,50	-2,50	3,97

P101	82071,060	Arc 3	Pente 3	599,550	605,978	287,39	736686,568	4030894,496	2,50	-2,50	3,97
P102	82096,060	Arc 3	Pente 3	603,040	606,970	286,60	736691,639	4030870,016	2,50	-2,50	3,97
P103	82121,060	Arc 3	Pente 3	604,707	607,962	285,80	736697,016	4030845,601	2,50	-2,50	3,97
P104	82146,060	Arc 3	Pente 3	601,441	608,955	285,01	736702,697	4030821,255	2,50	-2,50	3,97
P105	82171,060	Arc 3	Pente 3	595,415	609,947	284,21	736708,683	4030796,982	2,50	-2,50	3,97
P106	82196,060	Arc 3	Pente 3	599,934	610,939	283,41	736714,971	4030772,786	2,50	-2,50	3,97
P107	82221,060	Arc 3	Pente 3	607,067	611,931	282,62	736721,561	4030748,671	2,50	-2,50	3,97
P108	82246,060	Arc 3	Pente 3	612,038	612,923	281,82	736728,453	4030724,640	2,50	-2,50	3,97
P109	82271,060	Arc 3	Pente 3	618,130	613,915	281,03	736735,644	4030700,696	2,50	-2,50	3,97
P110	82296,060	Arc 3	Pente 3	624,277	614,907	280,23	736743,134	4030676,845	2,50	-2,50	3,97
P111	82321,060	Arc 3	Pente 3	619,367	615,899	279,44	736750,921	4030653,089	2,50	-2,50	3,97
P112	82346,060	Arc 3	Pente 3	610,320	616,891	278,64	736759,005	4030629,432	2,50	-2,50	3,97
P113	82371,060	Arc 3	Pente 3	608,814	617,883	277,84	736767,383	4030605,878	2,50	-2,50	3,97
P114	82396,060	Arc 3	Pente 3	616,628	618,875	277,05	736776,056	4030582,431	2,50	-2,50	3,97
P115	82421,060	Arc 3	Pente 3	610,800	619,867	276,25	736785,021	4030559,093	2,50	-2,50	3,97
P116	82446,060	Arc 3	Pente 3	607,321	620,859	275,46	736794,277	4030535,870	2,50	-2,50	3,97
P117	82471,060	Arc 3	Pente 3	612,499	621,852	274,66	736803,822	4030512,764	2,50	-2,50	3,97
P118	82496,060	Arc 3	Parabole 3	616,073	622,843	273,87	736813,656	4030489,780	2,50	-2,50	3,93
P119	82521,060	Arc 3	Parabole 3	630,859	623,804	273,07	736823,776	4030466,920	2,50	-2,50	3,75
P120	82546,060	Droite 4	Parabole 3	635,192	624,720	272,92	736834,089	4030444,146	2,50	-2,50	3,58
P121	82571,060	Droite 4	Parabole 3	637,369	625,592	272,92	736844,406	4030421,375	2,50	-2,50	3,40
P122	82596,060	Droite 4	Parabole 3	638,611	626,419	272,92	736854,724	4030398,603	2,50	-2,50	3,22
P123	82621,060	Droite 4	Parabole 3	639,879	627,201	272,92	736865,042	4030375,832	2,50	-2,50	3,04
P124	82646,060	Droite 4	Parabole 3	641,214	627,939	272,92	736875,360	4030353,060	2,50	-2,50	2,86
P125	82671,060	Droite 4	Parabole 3	643,510	628,633	272,92	736885,678	4030330,289	2,50	-2,50	2,68
P126	82696,060	Droite 4	Parabole 3	646,839	629,281	272,92	736895,996	4030307,517	2,50	-2,50	2,51
P127	82721,060	Droite 4	Parabole 3	647,891	629,885	272,92	736906,314	4030284,746	2,50	-2,50	2,33

P128	82746,060	Droite 4	Parabole 3	646,506	630,445	272,92	736916,632	4030261,974	2,50	-2,50	2,15
P129	82771,060	Droite 4	Parabole 3	640,827	630,960	272,92	736926,950	4030239,203	2,50	-2,50	1,97
P130	82796,060	Droite 4	Parabole 3	634,363	631,430	272,92	736937,268	4030216,431	2,50	-2,50	1,79
P131	82821,060	Droite 4	Parabole 3	629,520	631,855	272,92	736947,586	4030193,660	2,50	-2,50	1,61
P132	82846,060	Droite 4	Parabole 3	624,798	632,236	272,92	736957,903	4030170,888	2,50	-2,50	1,43
P133	82871,060	Droite 4	Parabole 3	618,632	632,573	272,92	736968,221	4030148,117	2,50	-2,50	1,26
P134	82896,060	Droite 4	Parabole 3	627,251	632,865	272,92	736978,539	4030125,345	2,50	-2,50	1,08
P135	82921,060	Droite 4	Parabole 3	632,996	633,112	272,92	736988,857	4030102,574	2,50	-2,50	0,90
P136	82946,060	Droite 4	Parabole 3	638,706	633,314	272,92	736999,175	4030079,802	2,50	-2,50	0,72
P137	82971,060	Droite 4	Parabole 3	640,736	633,472	272,92	737009,493	4030057,031	2,50	-2,50	0,54
P138	82996,060	Droite 4	Parabole 3	641,381	633,586	272,92	737019,811	4030034,259	2,50	-2,50	0,36
P139	83021,060	Droite 4	Parabole 3	646,184	633,654	272,92	737030,129	4030011,488	2,50	-2,50	0,19
P140	83046,060	Droite 4	Parabole 3	650,483	633,679	272,92	737040,447	4029988,716	2,50	-2,50	0,01
P141	83071,060	Droite 4	Parabole 3	649,428	633,658	272,92	737050,765	4029965,945	2,50	-2,50	-0,17
P142	83096,060	Droite 4	Parabole 3	645,814	633,593	272,92	737061,083	4029943,173	2,50	-2,50	-0,35
P143	83121,060	Droite 4	Parabole 3	645,266	633,483	272,92	737071,401	4029920,402	2,50	-2,50	-0,53
P144	83146,060	Droite 4	Parabole 3	644,132	633,329	272,92	737081,718	4029897,630	2,50	-2,50	-0,71
P145	83171,060	Droite 4	Parabole 3	643,797	633,130	272,92	737092,036	4029874,859	2,50	-2,50	-0,88
P146	83196,060	Arc 4	Parabole 3	643,658	632,886	272,42	737102,442	4029852,127	2,50	-2,50	-1,06
P147	83221,060	Arc 4	Parabole 3	638,695	632,598	271,92	737113,025	4029829,478	2,50	-2,50	-1,24
P148	83246,060	Arc 4	Parabole 3	629,074	632,266	271,43	737123,784	4029806,912	2,50	-2,50	-1,42
P149	83271,060	Arc 4	Pente 4	634,241	631,889	270,93	737134,719	4029784,430	2,50	-2,50	-1,56
P150	83296,060	Arc 4	Pente 4	639,546	631,500	270,43	737145,830	4029762,035	2,50	-2,50	-1,56
P151	83321,060	Arc 4	Pente 4	645,570	631,110	269,94	737157,115	4029739,727	2,50	-2,50	-1,56
P152	83346,060	Arc 4	Pente 4	647,333	630,721	269,44	737168,574	4029717,508	2,50	-2,50	-1,56
P153	83371,060	Arc 4	Pente 4	646,950	630,332	268,94	737180,207	4029695,379	2,50	-2,50	-1,56
P154	83396,060	Arc 4	Pente 4	646,847	629,942	268,44	737192,012	4029673,342	2,50	-2,50	-1,56

P155	83421,060	Arc 4	Pente 4	649,533	629,553	267,95	737203,989	4029651,398	2,50	-2,50	-1,56
P156	83446,060	Arc 4	Pente 4	651,624	629,163	267,45	737216,136	4029629,548	2,50	-2,50	-1,56
P157	83471,060	Arc 4	Pente 4	649,545	628,774	266,95	737228,455	4029607,793	2,50	-2,50	-1,56
P158	83496,060	Arc 4	Pente 4	645,366	628,384	266,45	737240,942	4029586,135	2,50	-2,50	-1,56
P159	83521,060	Arc 4	Pente 4	640,741	627,995	265,96	737253,599	4029564,576	2,50	-2,50	-1,56
P160	83546,060	Arc 4	Pente 4	643,206	627,605	265,46	737266,424	4029543,116	2,50	-2,50	-1,56
P161	83571,060	Arc 4	Pente 4	643,045	627,216	264,96	737279,415	4029521,757	2,50	-2,50	-1,56
P162	83596,060	Arc 4	Pente 4	640,371	626,826	264,46	737292,574	4029500,500	2,50	-2,50	-1,56
P163	83621,060	Arc 4	Pente 4	634,252	626,437	263,97	737305,898	4029479,347	2,50	-2,50	-1,56
P164	83646,060	Arc 4	Pente 4	637,295	626,047	263,47	737319,387	4029458,298	2,50	-2,50	-1,56
P165	83671,060	Arc 4	Pente 4	636,234	625,658	262,97	737333,040	4029437,355	2,50	-2,50	-1,56
P166	83696,060	Arc 4	Pente 4	632,075	625,269	262,48	737346,856	4029416,520	2,50	-2,50	-1,56
P167	83721,060	Arc 4	Pente 4	629,596	624,879	261,98	737360,834	4029395,793	2,50	-2,50	-1,56
P168	83746,060	Arc 4	Pente 4	627,096	624,490	261,48	737374,974	4029375,176	2,50	-2,50	-1,56
P169	83771,060	Arc 4	Pente 4	624,321	624,100	260,98	737389,275	4029354,670	2,50	-2,50	-1,56
P170	83796,060	Arc 4	Pente 4	621,045	623,711	260,49	737403,735	4029334,277	2,50	-2,50	-1,56
P171	83821,060	Arc 4	Pente 4	616,641	623,321	259,99	737418,354	4029313,997	2,50	-2,50	-1,56
P172	83846,060	Arc 4	Pente 4	616,644	622,932	259,49	737433,131	4029293,832	2,50	-2,50	-1,56
P173	83871,060	Arc 4	Pente 4	616,326	622,542	258,99	737448,066	4029273,783	2,50	-2,50	-1,56
P174	83896,060	Arc 4	Pente 4	617,310	622,153	258,50	737463,156	4029253,851	2,50	-2,50	-1,56
P175	83921,060	Arc 4	Pente 4	619,430	621,763	258,00	737478,402	4029234,038	2,50	-2,50	-1,56
P176	83946,060	Arc 4	Pente 4	621,568	621,374	257,50	737493,802	4029214,344	2,50	-2,50	-1,56
P177	83971,060	Arc 4	Pente 4	619,735	620,985	257,00	737509,355	4029194,772	2,50	-2,50	-1,56
P178	83996,060	Arc 4	Pente 4	617,475	620,595	256,51	737525,061	4029175,321	2,50	-2,50	-1,56
P179	84021,060	Arc 4	Pente 4	617,264	620,206	256,01	737540,919	4029155,994	2,50	-2,50	-1,56
P180	84046,060	Arc 4	Pente 4	612,098	619,816	255,51	737556,927	4029136,791	2,50	-2,50	-1,56
P180-1	84066,531	Arc 4	Pente 4	609,463	619,497	255,10	737570,146	4029121,161	2,50	-2,50	-1,56

P181	84071,060	Arc 4	Pente 4	610,343	619,427	255,01	737573,084	4029117,714	2,50	-2,50	-1,56
P182	84096,060	Arc 4	Pente 4	604,314	619,037	254,52	737589,390	4029098,764	2,50	-2,50	-1,56
P183	84121,060	Arc 4	Pente 4	605,481	618,648	254,02	737605,843	4029079,942	2,50	-2,50	-1,56
P184	84146,060	Arc 4	Pente 4	606,822	618,258	253,52	737622,443	4029061,248	2,50	-2,50	-1,56
P185	84171,060	Arc 4	Pente 4	606,828	617,869	253,03	737639,189	4029042,685	2,50	-2,50	-1,56
P186	84196,060	Arc 4	Pente 4	607,234	617,479	252,53	737656,079	4029024,254	2,50	-2,50	-1,56
P187	84221,060	Arc 4	Pente 4	607,384	617,090	252,03	737673,113	4029005,955	2,50	-2,50	-1,56
P188	84246,060	Arc 4	Parabole 4	607,828	616,701	251,53	737690,289	4028987,789	2,50	-2,50	-1,54
P189	84271,060	Arc 4	Parabole 4	608,048	616,336	251,04	737707,606	4028969,759	2,50	-2,50	-1,38
P190	84296,060	Arc 4	Parabole 4	606,122	616,010	250,54	737725,064	4028951,864	2,50	-2,50	-1,22
P191	84321,060	Arc 4	Parabole 4	607,598	615,724	250,04	737742,661	4028934,106	2,50	-2,50	-1,07
P192	84346,060	Arc 4	Parabole 4	607,975	615,476	249,54	737760,396	4028916,486	2,50	-2,50	-0,91
P193	84371,060	Arc 4	Parabole 4	608,868	615,268	249,05	737778,268	4028899,005	2,50	-2,50	-0,76
P194	84396,060	Droite 5	Parabole 4	608,908	615,098	248,58	737796,276	4028881,664	2,50	-2,50	-0,60
P195	84421,060	Droite 5	Parabole 4	609,248	614,968	248,58	737814,343	4028864,385	2,50	-2,50	-0,44
P196	84446,060	Droite 5	Parabole 4	609,425	614,876	248,58	737832,410	4028847,105	2,50	-2,50	-0,29
P197	84471,060	Droite 5	Parabole 4	609,176	614,824	248,58	737850,476	4028829,825	2,50	-2,50	-0,13
P198	84496,060	Droite 5	Parabole 4	608,733	614,811	248,58	737868,543	4028812,545	2,50	-2,50	0,03
P199	84521,060	Droite 5	Parabole 4	609,552	614,837	248,58	737886,610	4028795,265	2,50	-2,50	0,18
P200	84546,060	Droite 5	Parabole 4	610,172	614,902	248,58	737904,676	4028777,985	2,50	-2,50	0,34
P201	84571,060	Droite 5	Parabole 4	611,379	615,006	248,58	737922,743	4028760,705	2,50	-2,50	0,49
P201-1	84575,368	Droite 5	Parabole 4	611,729	615,028	248,58	737925,856	4028757,728	2,50	-2,50	0,52
P202	84596,060	Droite 5	Parabole 4	611,760	615,149	248,58	737940,810	4028743,425	2,50	-2,50	0,65
P203	84621,060	Droite 5	Parabole 4	612,009	615,331	248,58	737958,876	4028726,145	2,50	-2,50	0,81
P204	84646,060	Droite 5	Parabole 4	612,927	615,552	248,58	737976,943	4028708,865	2,50	-2,50	0,96
P205	84671,060	Droite 5	Parabole 4	613,802	615,812	248,58	737995,010	4028691,586	2,50	-2,50	1,12
P206	84696,060	Droite 5	Parabole 4	614,678	616,112	248,58	738013,076	4028674,306	2,50	-2,50	1,28

P207	84721,060	Droite 5	Parabole 4	615,553	616,450	248,58	738031,143	4028657,026	2,50	-2,50	1,43
P208	84746,060	Droite 5	Parabole 4	616,348	616,827	248,58	738049,210	4028639,746	2,50	-2,50	1,59
P209	84771,060	Droite 5	Parabole 4	617,016	617,244	248,58	738067,276	4028622,466	2,50	-2,50	1,74
P210	84796,060	Droite 5	Parabole 4	617,684	617,699	248,58	738085,343	4028605,186	2,50	-2,50	1,90
P211	84821,060	Droite 5	Parabole 4	618,291	618,194	248,58	738103,410	4028587,906	2,50	-2,50	2,06
P212	84846,060	Droite 5	Parabole 4	618,831	618,728	248,58	738121,476	4028570,626	2,50	-2,50	2,21
P213	84871,060	Droite 5	Parabole 4	619,415	619,300	248,58	738139,543	4028553,346	2,50	-2,50	2,37
P214	84896,060	Arc 5	Parabole 4	620,012	619,912	248,99	738157,586	4028536,041	2,50	-2,50	2,53
P215	84921,060	Arc 5	Parabole 4	620,602	620,563	249,93	738175,413	4028518,515	2,50	-2,50	2,68
P216	84946,060	Arc 5	Parabole 4	621,207	621,253	250,86	738192,981	4028500,728	2,50	-2,50	2,84
P217	84971,060	Arc 5	Parabole 4	621,768	621,982	251,80	738210,285	4028482,685	2,50	-2,50	2,99
P218	84996,060	Arc 5	Pente 5	622,354	622,737	252,74	738227,322	4028464,389	2,50	-2,50	3,02
P219	85021,060	Arc 5	Pente 5	622,927	623,493	253,67	738244,088	4028445,845	2,50	-2,50	3,02
P220	85046,060	Arc 5	Pente 5	623,487	624,250	254,61	738260,579	4028427,056	2,50	-2,50	3,02
P221	85071,060	Arc 5	Pente 5	624,033	625,006	255,54	738276,793	4028408,027	2,50	-2,50	3,02
P221-1	85083,956	Arc 5	Pente 5	624,310	625,396	256,03	738285,046	4028398,119	2,50	-2,50	3,02
P222	85096,060	Arc 5	Pente 5	624,567	625,762	256,48	738292,725	4028388,761	2,50	-2,50	3,02
P223	85121,060	Arc 5	Pente 5	625,086	626,518	257,42	738308,371	4028369,264	2,50	-2,50	3,02
P223-1	85145,414	Arc 5	Pente 5	625,580	627,255	258,33	738323,337	4028350,050	2,50	-2,50	3,02
P224	85146,060	Arc 5	Pente 5	625,592	627,274	258,35	738323,730	4028349,538	2,50	-2,50	3,02
P225	85171,060	Arc 5	Pente 5	626,085	628,031	259,29	738338,797	4028329,588	2,50	-2,50	3,02
P226	85196,060	Arc 5	Pente 5	626,563	628,787	260,22	738353,568	4028309,419	2,50	-2,50	3,02
P227	85221,060	Arc 5	Pente 5	627,028	629,543	261,16	738368,042	4028289,035	2,50	-2,50	3,02
P228	85246,060	Arc 5	Pente 5	627,478	630,299	262,10	738382,214	4028268,441	2,50	-2,50	3,02
P229	85271,060	Arc 5	Pente 5	627,914	631,055	263,03	738396,082	4028247,640	2,50	-2,50	3,02
P230	85296,060	Arc 5	Pente 5	628,336	631,812	263,97	738409,642	4028226,638	2,50	-2,50	3,02
P231	85321,060	Arc 5	Pente 5	628,744	632,568	264,91	738422,892	4028205,438	2,50	-2,50	3,02

P232	85346,060	Arc 5	Pente 5	629,137	633,324	265,84	738435,829	4028184,046	2,50	-2,50	3,02
P233	85371,060	Arc 5	Pente 5	629,515	634,080	266,78	738448,450	4028162,466	2,50	-2,50	3,02
P234	85396,060	Arc 5	Pente 5	629,876	634,836	267,71	738460,752	4028140,702	2,50	-2,50	3,02
P235	85421,060	Arc 5	Pente 5	630,154	635,593	268,65	738472,733	4028118,760	2,50	-2,50	3,02
P236	85446,060	Arc 5	Pente 5	630,339	636,349	269,59	738484,390	4028096,645	2,50	-2,50	3,02
P237	85471,060	Arc 5	Pente 5	626,585	637,105	270,52	738495,721	4028074,360	2,50	-2,50	3,02
P238	85496,060	Arc 5	Pente 5	629,764	637,861	271,46	738506,722	4028051,911	2,50	-2,50	3,02
P239	85521,060	Arc 5	Pente 5	630,230	638,617	272,40	738517,392	4028029,303	2,50	-2,50	3,02
P240	85546,060	Arc 5	Pente 5	630,289	639,373	273,33	738527,729	4028006,540	2,50	-2,50	3,02
P241	85571,060	Arc 5	Pente 5	630,393	640,130	274,27	738537,730	4027983,628	2,50	-2,50	3,02
P242	85596,060	Arc 5	Pente 5	630,503	640,886	275,20	738547,392	4027960,571	2,50	-2,50	3,02
P243	85621,060	Arc 5	Pente 5	630,819	641,642	276,14	738556,715	4027937,374	2,50	-2,50	3,02
P244	85646,060	Arc 5	Pente 5	630,991	642,398	277,08	738565,695	4027914,043	2,50	-2,50	3,02
P245	85671,060	Arc 5	Pente 5	631,172	643,154	278,01	738574,332	4027890,582	2,50	-2,50	3,02
P245-1	85676,160	Arc 5	Pente 5	631,039	643,309	278,20	738576,051	4027885,781	2,50	-2,50	3,02
P246	85696,060	Arc 5	Pente 5	634,395	643,911	278,95	738582,622	4027866,997	2,50	-2,50	3,02
P247	85721,060	Arc 5	Pente 5	632,470	644,667	279,89	738590,565	4027843,293	2,50	-2,50	3,02
P247-1	85738,575	Arc 5	Pente 5	634,960	645,197	280,54	738595,922	4027826,617	2,50	-2,50	3,02
P248	85746,060	Arc 5	Pente 5	637,271	645,423	280,82	738598,158	4027819,474	2,50	-2,50	3,02
P249	85771,060	Arc 5	Pente 5	639,886	646,179	281,76	738605,401	4027795,546	2,50	-2,50	3,02
P250	85796,060	Arc 5	Pente 5	635,080	646,935	282,69	738612,290	4027771,515	2,50	-2,50	3,02
P251	85821,060	Arc 5	Pente 5	642,672	647,692	283,63	738618,826	4027747,384	2,50	-2,50	3,02
P252	85846,060	Arc 5	Pente 5	650,167	648,448	284,57	738625,006	4027723,160	2,50	-2,50	3,02
P253	85871,060	Arc 5	Pente 5	656,640	649,204	285,50	738630,829	4027698,848	2,50	-2,50	3,02
P254	85896,060	Arc 5	Pente 5	656,717	649,960	286,44	738636,293	4027674,453	2,50	-2,50	3,02
P255	85921,060	Arc 5	Pente 5	652,518	650,716	287,37	738641,399	4027649,980	2,50	-2,50	3,02
P256	85946,060	Arc 5	Pente 5	658,100	651,473	288,31	738646,144	4027625,435	2,50	-2,50	3,02

P257	85971,060	Arc 5	Pente 5	646,935	652,229	289,25	738650,528	4027600,822	2,50	-2,50	3,02
P258	85996,060	Arc 5	Pente 5	647,446	652,985	290,18	738654,549	4027576,148	2,50	-2,50	3,02
P259	86021,060	Arc 5	Pente 5	642,899	653,741	291,12	738658,207	4027551,417	2,50	-2,50	3,02
P260	86046,060	Arc 5	Pente 5	640,908	654,497	292,06	738661,501	4027526,636	2,50	-2,50	3,02
P261	86071,060	Arc 5	Pente 5	649,600	655,253	292,99	738664,430	4027501,808	2,50	-2,50	3,02
P262	86096,060	Arc 5	Pente 5	649,391	656,010	293,93	738666,993	4027476,940	2,50	-2,50	3,02
P263	86121,060	Arc 5	Pente 5	651,330	656,766	294,86	738669,191	4027452,037	2,50	-2,50	3,02
P264	86146,060	Arc 5	Pente 5	652,242	657,522	295,80	738671,022	4027427,104	2,50	-2,50	3,02
P265	86171,060	Arc 5	Pente 5	653,104	658,278	296,74	738672,487	4027402,148	2,50	-2,50	3,02
P266	86196,060	Arc 5	Pente 5	653,435	659,034	297,67	738673,584	4027377,172	2,50	-2,50	3,02
P267	86221,060	Arc 5	Pente 5	651,840	659,791	298,61	738674,314	4027352,183	2,50	-2,50	3,02
P268	86246,060	Arc 5	Pente 5	650,800	660,547	299,55	738674,676	4027327,186	2,50	-2,50	3,02
P269	86271,060	Droite 6	Pente 5	649,563	661,303	300,00	738674,719	4027302,186	2,50	-2,50	3,02
P270	86296,060	Droite 6	Pente 5	654,973	662,059	300,00	738674,717	4027277,186	2,50	-2,50	3,02
P271	86321,060	Droite 6	Pente 5	656,771	662,815	300,00	738674,716	4027252,186	2,50	-2,50	3,02
P272	86346,060	Droite 6	Pente 5	660,151	663,572	300,00	738674,714	4027227,186	2,50	-2,50	3,02
P273	86371,060	Droite 6	Pente 5	663,356	664,328	300,00	738674,712	4027202,186	2,50	-2,50	3,02
P274	86396,060	Droite 6	Parabole 5	659,625	665,084	300,00	738674,711	4027177,186	2,50	-2,50	3,02
P275	86421,060	Droite 6	Parabole 5	651,980	665,835	300,00	738674,709	4027152,186	2,50	-2,50	2,99
P276	86446,060	Droite 6	Parabole 5	654,905	666,580	300,00	738674,708	4027127,186	2,50	-2,50	2,96
P277	86471,060	Droite 6	Parabole 5	662,245	667,317	300,00	738674,706	4027102,186	2,50	-2,50	2,94
P278	86496,060	Droite 6	Parabole 5	668,307	668,048	300,00	738674,704	4027077,186	2,50	-2,50	2,91
P279	86521,060	Droite 6	Parabole 5	672,218	668,772	300,00	738674,703	4027052,186	2,50	-2,50	2,88
P280	86546,060	Droite 6	Parabole 5	672,914	669,488	300,00	738674,701	4027027,186	2,50	-2,50	2,85
P281	86571,060	Droite 6	Parabole 5	674,180	670,198	300,00	738674,700	4027002,186	2,50	-2,50	2,83
P282	86596,060	Droite 6	Parabole 5	667,529	670,901	300,00	738674,698	4026977,186	2,50	-2,50	2,80
P283	86621,060	Droite 6	Parabole 5	672,930	671,597	300,00	738674,696	4026952,186	2,50	-2,50	2,77

P284	86646,060	Droite 6	Parabole 5	674,509	672,286	300,00	738674,695	4026927,186	2,50	-2,50	2,74
P285	86671,060	Droite 6	Parabole 5	678,172	672,968	300,00	738674,693	4026902,186	2,50	-2,50	2,71
P285-1	86693,264	Droite 6	Parabole 5	674,095	673,567	300,00	738674,692	4026879,982	2,50	-2,50	2,69
P286	86696,060	Droite 6	Parabole 5	672,762	673,643	300,00	738674,692	4026877,186	2,50	-2,50	2,69
P287	86721,060	Droite 6	Parabole 5	669,335	674,311	300,00	738674,690	4026852,186	2,50	-2,50	2,66
P288	86746,060	Droite 6	Parabole 5	673,751	674,972	300,00	738674,688	4026827,186	2,50	-2,50	2,63
P289	86771,060	Droite 6	Parabole 5	661,428	675,626	300,00	738674,687	4026802,186	2,50	-2,50	2,60
P290	86796,060	Droite 6	Parabole 5	652,164	676,273	300,00	738674,685	4026777,186	2,50	-2,50	2,58
P291	86821,060	Droite 6	Parabole 5	649,810	676,914	300,00	738674,684	4026752,186	2,50	-2,50	2,55
P292	86846,060	Droite 6	Parabole 5	658,882	677,547	300,00	738674,682	4026727,186	2,50	-2,50	2,52
P293	86871,060	Droite 6	Parabole 5	676,065	678,173	300,00	738674,680	4026702,186	2,50	-2,50	2,49
P294	86896,060	Droite 6	Parabole 5	693,659	678,793	300,00	738674,679	4026677,186	2,50	-2,50	2,46
P295	86921,060	Droite 6	Parabole 5	695,588	679,405	300,00	738674,677	4026652,186	2,50	-2,50	2,44
P296	86946,060	Droite 6	Parabole 5	697,822	680,011	300,00	738674,676	4026627,186	2,50	-2,50	2,41
P296-1	86968,023	Droite 6	Parabole 5	697,065	680,537	300,00	738674,674	4026605,223	2,50	-2,50	2,38
P297	86971,060	Droite 6	Parabole 5	696,922	680,610	300,00	738674,674	4026602,186	2,50	-2,50	2,38
P298	86996,060	Droite 6	Parabole 5	701,014	681,201	300,00	738674,672	4026577,186	2,50	-2,50	2,35
P299	87021,060	Arc 6	Parabole 5	706,557	681,786	300,04	738674,670	4026552,186	2,50	-2,50	2,33
P300	87046,060	Arc 6	Parabole 5	706,530	682,364	300,46	738674,573	4026527,186	2,50	-2,50	2,30
P301	87071,060	Arc 6	Parabole 5	706,537	682,935	300,88	738674,312	4026502,187	2,50	-2,50	2,27
P302	87096,060	Arc 6	Parabole 5	705,605	683,499	301,29	738673,886	4026477,191	2,50	-2,50	2,24
P303	87121,060	Arc 6	Parabole 5	706,089	684,056	301,71	738673,295	4026452,198	2,50	-2,50	2,21
P304	87146,060	Arc 6	Parabole 5	707,192	684,606	302,13	738672,541	4026427,210	2,50	-2,50	2,19
P305	87171,060	Arc 6	Parabole 5	701,713	685,149	302,55	738671,621	4026402,226	2,50	-2,50	2,16
P306	87196,060	Arc 6	Parabole 5	684,863	685,685	302,97	738670,538	4026377,250	2,50	-2,50	2,13
P307	87221,060	Arc 6	Parabole 5	675,601	686,214	303,39	738669,290	4026352,281	2,50	-2,50	2,10
P308	87246,060	Arc 6	Pente 6	665,620	686,736	303,81	738667,878	4026327,321	2,50	-2,50	2,08

P308-1	87263,057	Arc 6	Pente 6	661,406	687,089	304,09	738666,824	4026310,357	2,50	-2,50	2,08
P309	87271,060	Arc 6	Pente 6	665,362	687,256	304,23	738666,302	4026302,371	2,50	-2,50	2,08
P310	87296,060	Arc 6	Pente 6	671,365	687,775	304,64	738664,562	4026277,432	2,50	-2,50	2,08
P311	87321,060	Arc 6	Pente 6	682,105	688,294	305,06	738662,657	4026252,504	2,50	-2,50	2,08
P312	87346,060	Arc 6	Pente 6	700,868	688,813	305,48	738660,589	4026227,590	2,50	-2,50	2,08
P313	87371,060	Arc 6	Pente 6	697,619	689,333	305,90	738658,357	4026202,690	2,50	-2,50	2,08
P314	87396,060	Arc 6	Pente 6	693,602	689,852	306,32	738655,961	4026177,805	2,50	-2,50	2,08
P315	87421,060	Arc 6	Pente 6	694,919	690,371	306,74	738653,401	4026152,937	2,50	-2,50	2,08
P315-1	87429,884	Arc 6	Pente 6	698,456	690,554	306,89	738652,459	4026144,163	2,50	-2,50	2,08
P316	87446,060	Arc 6	Pente 6	698,090	690,890	307,16	738650,678	4026128,085	2,50	-2,50	2,08
P317	87471,060	Arc 6	Pente 6	675,668	691,410	307,58	738647,791	4026103,253	2,50	-2,50	2,08
P318	87496,060	Arc 6	Pente 6	679,723	691,929	308,00	738644,741	4026078,439	2,50	-2,50	2,08
P319	87521,060	Arc 6	Pente 6	688,305	692,448	308,41	738641,528	4026053,647	2,50	-2,50	2,08
P320	87546,060	Arc 6	Pente 6	687,853	692,967	308,83	738638,152	4026028,876	2,50	-2,50	2,08
P321	87571,060	Arc 6	Pente 6	694,783	693,487	309,25	738634,613	4026004,128	2,50	-2,50	2,08
P322	87596,060	Arc 6	Pente 6	694,390	694,006	309,67	738630,911	4025979,403	2,50	-2,50	2,08
P323	87621,060	Arc 6	Pente 6	698,732	694,525	310,09	738627,047	4025954,704	2,50	-2,50	2,08
P324	87646,060	Arc 6	Pente 6	699,314	695,044	310,51	738623,020	4025930,030	2,50	-2,50	2,08
P325	87671,060	Arc 6	Pente 6	698,337	695,563	310,93	738618,831	4025905,384	2,50	-2,50	2,08
P326	87696,060	Arc 6	Pente 6	697,016	696,083	311,35	738614,480	4025880,765	2,50	-2,50	2,08
P327	87721,060	Arc 6	Pente 6	697,003	696,602	311,76	738609,967	4025856,176	2,50	-2,50	2,08
P328	87746,060	Arc 6	Pente 6	694,552	697,121	312,18	738605,293	4025831,617	2,50	-2,50	2,08
P329	87771,060	Arc 6	Pente 6	685,582	697,640	312,60	738600,457	4025807,089	2,50	-2,50	2,08
P330	87796,060	Arc 6	Pente 6	673,698	698,160	313,02	738595,459	4025782,594	2,50	-2,50	2,08
P330-1	87814,734	Arc 6	Pente 6	667,264	698,548	313,33	738591,622	4025764,319	2,50	-2,50	2,08
P331	87821,060	Arc 6	Pente 6	667,002	698,679	313,44	738590,301	4025758,132	2,50	-2,50	2,08
P332	87846,060	Arc 6	Pente 6	671,908	699,198	313,86	738584,982	4025733,704	2,50	-2,50	2,08

P333	87871,060	Arc 6	Parabole 6	681,050	699,715	314,28	738579,502	4025709,312	2,50	-2,50	2,05
P334	87896,060	Arc 6	Parabole 6	694,498	700,223	314,70	738573,862	4025684,957	2,50	-2,50	2,01
P335	87921,060	Arc 6	Parabole 6	703,115	700,720	315,12	738568,062	4025660,639	2,50	-2,50	1,97
P336	87946,060	Arc 6	Parabole 6	705,482	701,208	315,53	738562,102	4025636,360	2,50	-2,50	1,93
P337	87971,060	Arc 6	Parabole 6	705,846	701,687	315,95	738555,982	4025612,121	2,50	-2,50	1,89
P337-1	87992,170	Arc 6	Parabole 6	710,353	702,083	316,31	738550,690	4025591,685	2,50	-2,50	1,86
P338	87996,060	Arc 6	Parabole 6	711,423	702,155	316,37	738549,703	4025587,922	2,50	-2,50	1,85
P339	88021,060	Arc 6	Parabole 6	712,581	702,614	316,79	738543,265	4025563,765	2,50	-2,50	1,82
P340	88046,060	Arc 6	Parabole 6	714,954	703,063	317,21	738536,668	4025539,651	2,50	-2,50	1,78
P341	88071,060	Arc 6	Parabole 6	715,896	703,502	317,63	738529,913	4025515,582	2,50	-2,50	1,74
P342	88096,060	Droite 7	Parabole 6	712,802	703,931	317,66	738523,066	4025491,537	2,50	-2,50	1,70
P343	88121,060	Droite 7	Parabole 6	707,164	704,351	317,66	738516,219	4025467,493	2,50	-2,50	1,66
P344	88146,060	Droite 7	Parabole 6	704,328	704,761	317,66	738509,371	4025443,449	2,50	-2,50	1,62
P345	88171,060	Droite 7	Parabole 6	699,460	705,161	317,66	738502,524	4025419,405	2,50	-2,50	1,58
P346	88196,060	Droite 7	Parabole 6	696,015	705,551	317,66	738495,677	4025395,361	2,50	-2,50	1,54
P347	88221,060	Droite 7	Parabole 6	693,893	705,932	317,66	738488,830	4025371,317	2,50	-2,50	1,50
P348	88246,060	Droite 7	Parabole 6	696,659	706,303	317,66	738481,983	4025347,273	2,50	-2,50	1,46
P349	88271,060	Droite 7	Parabole 6	700,604	706,664	317,66	738475,136	4025323,229	2,50	-2,50	1,42
P350	88296,060	Droite 7	Parabole 6	707,793	707,015	317,66	738468,288	4025299,185	2,50	-2,50	1,39
P351	88321,060	Droite 7	Parabole 6	718,364	707,357	317,66	738461,441	4025275,141	2,50	-2,50	1,35
P352	88346,060	Droite 7	Parabole 6	728,256	707,688	317,66	738454,594	4025251,097	2,50	-2,50	1,31
P353	88371,060	Droite 7	Parabole 6	730,866	708,010	317,66	738447,747	4025227,053	2,50	-2,50	1,27
P354	88396,060	Arc 7	Parabole 6	722,551	708,323	318,51	738440,815	4025203,033	2,50	-2,50	1,23
P355	88421,060	Arc 7	Parabole 6	715,258	708,625	320,10	738433,349	4025179,175	2,50	-2,50	1,19
P356	88446,060	Arc 7	Parabole 6	709,752	708,918	321,69	738425,290	4025155,510	2,50	-2,50	1,15
P357	88471,060	Arc 7	Parabole 6	701,690	709,201	323,28	738416,642	4025132,054	2,50	-2,50	1,11
P358	88496,060	Arc 7	Parabole 6	697,746	709,474	324,88	738407,410	4025108,822	2,50	-2,50	1,07

P359	88521,060	Arc 7	Parabole 6	693,554	709,737	326,47	738397,600	4025085,828	2,50	-2,50	1,03
P359-1	88537,558	Arc 7	Parabole 6	691,156	709,906	327,52	738390,812	4025070,791	2,50	-2,50	1,01
P360	88546,060	Arc 7	Parabole 6	689,557	709,991	328,06	738387,218	4025063,086	2,50	-2,50	0,99
P361	88571,060	Arc 7	Parabole 6	687,067	710,235	329,65	738376,271	4025040,611	2,50	-2,50	0,96
P362	88596,060	Arc 7	Parabole 6	680,924	710,469	331,24	738364,766	4025018,416	2,50	-2,50	0,92
P363	88621,060	Arc 7	Pente 7	681,489	710,694	332,83	738352,709	4024996,516	2,50	-2,50	0,89
P364	88646,060	Arc 7	Pente 7	682,980	710,917	334,42	738340,109	4024974,925	2,50	-2,50	0,89
P365	88671,060	Arc 7	Pente 7	677,778	711,140	336,02	738326,973	4024953,655	2,50	-2,50	0,89
P366	88696,060	Arc 7	Pente 7	675,079	711,363	337,61	738313,310	4024932,720	2,50	-2,50	0,89
P367	88721,060	Arc 7	Pente 7	673,974	711,586	339,20	738299,127	4024912,133	2,50	-2,50	0,89
P368	88746,060	Arc 7	Pente 7	683,501	711,810	340,79	738284,434	4024891,907	2,50	-2,50	0,89
P369	88771,060	Arc 7	Pente 7	689,630	712,033	342,38	738269,241	4024872,054	2,50	-2,50	0,89
P370	88796,060	Arc 7	Pente 7	686,462	712,256	343,97	738253,555	4024852,588	2,50	-2,50	0,89
P371	88821,060	Arc 7	Pente 7	690,993	712,479	345,57	738237,388	4024833,520	2,50	-2,50	0,89
P371-1	88824,968	Arc 7	Pente 7	692,042	712,514	345,81	738234,818	4024830,576	2,50	-2,50	0,89
P372	88846,060	Droite 8	Pente 7	686,494	712,702	345,83	738220,912	4024814,717	2,50	-2,50	0,89
P373	88871,060	Droite 8	Pente 7	693,025	712,925	345,83	738204,429	4024795,921	2,50	-2,50	0,89
P374	88896,060	Droite 8	Pente 7	695,005	713,149	345,83	738187,946	4024777,124	2,50	-2,50	0,89
P375	88921,060	Droite 8	Pente 7	700,986	713,372	345,83	738171,464	4024758,327	2,50	-2,50	0,89
P376	88946,060	Droite 8	Pente 7	695,185	713,595	345,83	738154,981	4024739,531	2,50	-2,50	0,89
P377	88971,060	Droite 8	Pente 7	696,526	713,818	345,83	738138,498	4024720,734	2,50	-2,50	0,89
P378	88996,060	Droite 8	Pente 7	698,014	714,041	345,83	738122,015	4024701,937	2,50	-2,50	0,89
P379	89021,060	Droite 8	Pente 7	699,770	714,264	345,83	738105,532	4024683,140	2,50	-2,50	0,89
P380	89046,060	Droite 8	Pente 7	693,397	714,488	345,83	738089,049	4024664,344	2,50	-2,50	0,89
P381	89071,060	Droite 8	Pente 7	703,195	714,711	345,83	738072,567	4024645,547	2,50	-2,50	0,89
P382	89096,060	Droite 8	Pente 7	691,872	714,934	345,83	738056,084	4024626,750	2,50	-2,50	0,89
P383	89121,060	Droite 8	Pente 7	700,398	715,157	345,83	738039,601	4024607,954	2,50	-2,50	0,89

P384	89146,060	Droite 8	Pente 7	702,864	715,380	345,83	738023,118	4024589,157	2,50	-2,50	0,89
P385	89171,060	Droite 8	Pente 7	704,465	715,603	345,83	738006,635	4024570,360	2,50	-2,50	0,89
P386	89196,060	Arc 8	Pente 7	700,441	715,826	345,55	737990,172	4024551,546	2,50	-2,50	0,89
P386-1	89219,011	Arc 8	Pente 7	697,017	716,031	345,03	737975,186	4024534,163	2,50	-2,50	0,89
P387	89221,060	Arc 8	Pente 7	696,555	716,050	344,99	737973,856	4024532,605	2,50	-2,50	0,89
P388	89246,060	Arc 8	Pente 7	691,794	716,273	344,42	737957,709	4024513,519	2,50	-2,50	0,89
P389	89271,060	Arc 8	Pente 7	688,678	716,496	343,85	737941,733	4024494,290	2,50	-2,50	0,89
P390	89296,060	Arc 8	Pente 7	688,060	716,719	343,28	737925,930	4024474,918	2,50	-2,50	0,89
P391	89321,060	Arc 8	Pente 7	686,862	716,942	342,71	737910,300	4024455,407	2,50	-2,50	0,89
P392	89346,060	Arc 8	Pente 7	695,451	717,165	342,14	737894,845	4024435,756	2,50	-2,50	0,89
P393	89371,060	Arc 8	Pente 7	695,872	717,389	341,58	737879,566	4024415,969	2,50	-2,50	0,89
P394	89396,060	Arc 8	Pente 7	697,465	717,612	341,01	737864,464	4024396,045	2,50	-2,50	0,89
P395	89421,060	Arc 8	Pente 7	704,773	717,835	340,44	737849,541	4024375,988	2,50	-2,50	0,89
P396	89446,060	Arc 8	Pente 7	709,348	718,058	339,87	737834,797	4024355,798	2,50	-2,50	0,89
P396-1	89459,075	Arc 8	Pente 7	712,234	718,174	339,57	737827,193	4024345,236	2,50	-2,50	0,89
P397	89471,060	Arc 8	Pente 7	712,826	718,281	339,30	737820,235	4024335,478	2,50	-2,50	0,89
P398	89496,060	Arc 8	Pente 7	725,059	718,504	338,73	737805,854	4024315,028	2,50	-2,50	0,89
P399	89521,060	Arc 8	Pente 7	740,782	718,728	338,16	737791,657	4024294,451	2,50	-2,50	0,89
P400	89546,060	Arc 8	Pente 7	740,339	718,951	337,60	737777,643	4024273,748	2,50	-2,50	0,89
P401	89571,060	Arc 8	Pente 7	736,029	719,174	337,03	737763,815	4024252,920	2,50	-2,50	0,89
P402	89596,060	Arc 8	Pente 7	734,982	719,397	336,46	737750,174	4024231,970	2,50	-2,50	0,89
P403	89621,060	Arc 8	Pente 7	739,562	719,620	335,89	737736,720	4024210,899	2,50	-2,50	0,89
P404	89646,060	Arc 8	Pente 7	741,259	719,843	335,32	737723,455	4024189,708	2,50	-2,50	0,89
P405	89671,060	Arc 8	Pente 7	740,335	720,067	334,75	737710,380	4024168,400	2,50	-2,50	0,89
P406	89696,060	Arc 8	Pente 7	735,373	720,290	334,19	737697,496	4024146,976	2,50	-2,50	0,89
P407	89721,060	Arc 8	Pente 7	719,368	720,513	333,62	737684,803	4024125,438	2,50	-2,50	0,89
P408	89746,060	Arc 8	Pente 7	712,240	720,736	333,05	737672,303	4024103,788	2,50	-2,50	0,89

P409	89771,060	Arc 8	Pente 7	703,224	720,959	332,48	737659,997	4024082,026	2,50	-2,50	0,89
P410	89796,060	Arc 8	Pente 7	698,591	721,182	331,91	737647,885	4024060,156	2,50	-2,50	0,89
P411	89821,060	Droite 9	Pente 7	695,967	721,405	331,56	737635,955	4024038,186	2,50	-2,50	0,89
P412	89846,060	Droite 9	Pente 7	705,504	721,629	331,56	737624,063	4024016,196	2,50	-2,50	0,89
P413	89871,060	Droite 9	Pente 7	704,591	721,852	331,56	737612,170	4023994,206	2,50	-2,50	0,89
P414	89896,060	Droite 9	Pente 7	701,606	722,075	331,56	737600,278	4023972,216	2,50	-2,50	0,89
P415	89921,060	Droite 9	Pente 7	696,931	722,298	331,56	737588,385	4023950,226	2,50	-2,50	0,89
P416	89946,060	Droite 9	Pente 7	696,625	722,521	331,56	737576,493	4023928,235	2,50	-2,50	0,89
P417	89971,060	Droite 9	Pente 7	698,560	722,744	331,56	737564,600	4023906,245	2,50	-2,50	0,89
P418	89986,029	Droite 9	Pente 7	698,689	722,878	331,56	737557,480	4023893,079	2,50	-2,50	0,89

Annexe B

Annexes géotechniques :

Positions des forages :

No de Forage	PK	X	Y	Z	Prof. (m)	Date d'exécution
BH-318	80+015(Dalot+Buse)+Remblai	736872,37	4032913,54	572,49	25.00	27.09.2017
BH-320	79+989/Deblai	736951,91	4032903,87	601,99	34.00	2.10.2017
BH-317	80+173/Deblai	736879,89	4032734,78	607,70	38.00	25.09.2017
BH-316	80+270/Deblai	736728,12	4032698,96	598,00	28.00	23.09.2017
BH-310	80+630(Dalot+Buse)+Remblai	736633,95	4032347,63	581,55	25.00	18.09.2017
BH-313	80+765/Pont	736594,51	4032218,24	591,51	25.00	20.09.2017
BH-148	80+890/Deblai	736525,58	4032105,49	608,16	25.00	24.11.2016
BH-147	81+049/Deblai	736494,42	4031945,97	613,36	26.25	24.11.2016
BH-146	81+197/Remblai	736535,97	4031802,30	593,50	27.45	21.11.2016
BH-186	81+287/Pont	736518,96	4031702,82	595,54	30.00	28.02.2017
BH-144	81+528/Deblai	736468,51	4031461,62	614,70	30.00	18.11.2016
BH-145	81+560(Dalot+Buse)+Remblai	736527,52	4031429,78	598,20	20.00	21.11.2016
BH-143	81+580/Deblai	736473,52	4031411,75	615,10	30.00	15.11.2016
BH-173	81+690/Viaduc	736535,84	4031298,93	590,68	25.60	28.01.2017
BH-169	81+725/Viaduc	736555,87	4031266,74	587,93	31.30	2.01.2017
BH-167	81+761/Viaduc	736547,53	4031228,90	587,74	31.00	28.12.2016
BH-166	81+797/Viaduc	736568,76	4031196,43	586,13	25.00	27.12.2016
BH-168	81+833/Viaduc	736561,63	4031158,30	586,43	30.00	29.12.2016
BH-162	81+869/Viaduc	736583,99	4031126,55	587,00	35.00	20.12.2016
BH-185	81+905/Viaduc	736577,97	4031088,18	592,03	25.00	28.02.2017
BH-161	81+940/Viaduc	736596,21	4031047,56	594,13	30.23	17.12.2016
BH-160	82+060/Remblai(Dalot+Buse)	736627,55	4030941,03	605,50	30.00	14.12.2016
BH-159	82+240 (Dalot+Buse)+Remblai	736689,92	4030772,24	600,10	30.25	10.12.2016
BH-157	82+345/Deblai	736733,21	4030675,77	627,01	21.00	7.12.2016

No de Forage	PK	X	Y	Z	Prof. (m)	Date d'exécution
BH-142	82+360/Deblai	736668,86	4030634,17	639,17	35.50	13.11.2016
BH-177	82+428 (Dalot+Buse)+Remblai	736802,17	4030615,16	602,40	30.00	4.02.2017
BH-141	82+520 Remblai (Dalot+Buse)	736807,45	4030517,94	609,80	20.00	12.11.2016
BH-119	82+660/Deblai	736866,83	4030391,35	637,70	20.00	7.10.2016
BH-118	82+740/Deblai	736830,59	4030290,11	653,50	30.65	8.10.2016
BH-121	82+913/Remblai	737004,06	4030184,38	616,60	25.00	14.10.2016
BH-120	83+067/Deblai	736964,34	4029987,34	685,81	35.00	14.10.2016
BH-117	83+140/Deblai	737072,11	4029956,36	635,00	19.00	10.10.2016
BH-438	83+200/Passage Superieur	737086,07	4029926,57	644,30	30.00	16.09.2018
BH-422	83+320/Buse+Remblai	737181,07	4029807,05	617,03	25.00	24.07.2018
BH-425	83+500/Deblai	737169,81	4029611,03	662,45	40.00	29.07.2018
BH-426	83+650/Deblai	737291,02	4029492,38	640,00	25.00	29.07.2018
BH-424	83+700/Deblai	737258,32	4029428,72	653,00	30.00	26.07.2018
BH-421	83+980/Deblai	737433,94	4029199,44	639,00	30.00	22.07.2018

No de Forage	PK	X	Y	Z	Prof. (m)	Phase	Date d'exécution
BH-77	90+775	737178,85	4023265,84	700.8	25.0	MAPA	28.04.2016
BH-78	90+595	737299,22	4023400,33	728.5	26.5	MAPA	29.04.2016
BH-79	90+412	737386,09	4023561,72	708.5	30.5	MAPA	30.04.2016
BH-80	90+275	737446,82	4023684,56	729.0	27.5	MAPA	02.05.2016
BH-81	90+172	737492,29	4023776,94	705.0	25.0	MAPA	05.05.2016
BH-82	90+069	737506,78	4023884,15	694.0	25.3	MAPA	03.05.2016
BH-83	89+861	737621,26	4024058,52	694.1	25.4	MAPA	08.01.2017
BH-84	89+729	737672,10	4024185,22	731.8	26.0	MAPA	30.05.2016
BH-85	89+688	737783,58	4024161,64	742.0	37.0	MAPA	04.06.2016
BH-86	89+602	737875,83	4024200,68	757.0	52.0	MAPA	08.06.2016
BH-87	89+585	737738,60	4024312,69	732.0	27.0	MAPA	27.05.2016
BH-89	89+155	738032,55	4024638,73	688.0	25.0	MAPA	19.06.2016
BH-90	89+054	738155,78	4024664,16	720.0	31.0	MAPA	14.06.2016

Sondages carottés :

- **BH-317 :**

Épaisseur : variant entre 2 et 5 mètres au minimum et 30 mètres au maximum.
Alternance de Grès/Argilite très faible, très décomposée, de couleur gris (Ei1)
D'âge Eocène.



Figure XIV-1 Sondage BH-317

- **BH-148 :**
  - **(Pa-cs1a) :**

Epaisseur : entre 3-8 mètres.
Dans un déblai d'une épaisseur d'environ : 14-15 mètres.
Unité d'argile partiellement gravelé.
Plasticité : faible/moyenne.
Solide/très solide.
D'âge Paléocène-Crétace.



Figure XIV-2 Sondage BH-148 pa-cs1a

- **(Pa-cs1b) :**

Une unité formée d'argile partiellement gravelée.
Plasticité : faible/moyenne.
Rigide.
Couleur marron/gris.
D'âge Paléocène-Crétace d'une épaisseur moyenne allant jusqu'à 20.00 mètres est située sous cette unité.



Figure XIV-3 sondage BH-148 pa-sc1b

-Ne font pas observer de niveau d'eau souterraine.

- **BH-425 :**

Une unité de Grès/argilite extrêmement faible, très décomposée dans certaines sections du trajet et sous ces unités, des alternances d'Argilite / Grès faible, peu décomposé (partiellement avec un niveau de décomposition croissant), de couleur gris/gris foncé d'age Paleocene-Cretace (pa-cs2)



Figure XIV-4 BH-425 pa-sc1b



Figure XIV-5 sondage BH-148 pa-sc2

- **BH-83 :**

Entre 0.00 – 3.50m une unité d'argile contenant des fragments de rocher d'argilite (argilite totalement décomposé, Pacs-1b); des couches en alternance de grès-argilite très faible, généralement très/moyennement décomposé, partiellement a niveau intermédiaire argilisé entre 3.50 – 12.50m; et des rochers en alternance de grès/argilite très faible/faible, peu/moyennement décomposé (Pacs-3) à partir de cette profondeur jusque la fin du puits.



Figure XIV-6 sondage BH-83

Essai SPT zones déblais :

Tableau XIV-1 Essai SPT zones déblais

BH N°	Profondeur(m)	Essai SPT				Unit
		N1	N2	N3	N	
BH-317	2,00 – 2,33	21	38	50/3	R	Ei1
BH-148	2,00 - 2,45	4	6	7	13	pa-cs1a
	4,00 - 4,45	30	39	47	86	pa-cs1a
	6,00 - 6,27	45	50/12		R	pa-cs1a
	9,00 - 9,45	19	23	39	62	pa-cs1b
	12,00 - 12,45	19	27	37	64	pa-cs1b
	14,00 - 14,45	16	19	24	43	pa-cs1b
	16,00 - 16,38	31	38	50/8	R	pa-cs1b
	18,00 - 18,21	31	50/6		R	pa-cs1b

	20,00 - 20,27	36	50/12		R	pa-cs1b
	22,55 - 23,00	14	17	23	40	pa-cs1
BH-425	2,00 – 2,45	9	10	13	23	Pa-sc_{1b}
	4,00 – 4,45	12	18	23	41	Pa-sc_{1b}
	6,00 – 6,45	14	19	26	45	Pa-sc_{1b}
	8,00 – 8,45	16	20	21	41	Pa-sc_{1b}
	10,00 – 10,45	18	23	25	48	Pa-sc_{1b}
	12,00 – 12,45	20	23	27	50	Pa-sc_{1b}
	14,00 – 14,45	22	24	30	54	Pa-sc_{1b}
	16,00 – 16,45	23	27	32	59	Pa-sc_{1b}
	18,00 – 18,45	29	37	40	77	Pa-sc_{1b}
	20,00 - 20,45	39	42	46	88	Pa-sc_{1b}
	22,00 – 22,45	43	46	48	94	Pa-sc_{1b}

Essai SPT zones remblais :

Tableau XIV-2 Essai SPT zones remblais

BH N°	Profondeur(m)	Essai SPT				Unit
		N1	N2	N3	N	
BH-173	3,00 – 3,45	3	4	6	10	Qan_1
	6,00 – 6,45	8	9	11	20	Qan_1
	9,90 – 10,35	10	11	13	24	Qan_1
	13,15 – 13,60	29	33	35	68	Qan_1
BH-83	3,00 – 3,42	27	38	50/12	R	Pa-sc_{1b}

Essais laboratoire (déblai)

Tableau XIV-3 Essais laboratoire zones déblais

N° Sondage	Profondeur (m)		Teneur en eau (%)	Densité apparente sol (t/m3)	Granulométrie		Sedimenometre		Limite d'Atterberg		
	De	A			Restant %>4.75 mm	Passante	% Limoneux	% Argile	WL	WP	IP

						%<0.075 mm					
BH-317	3.80	4.10	15.17	2.026	4.28	48.84	14.65	34.19	42.1	20.2	21.88
	8.00	8.40		2.858							
	16.10	16.30		2.894							
	21.30	21.50		2.805							
	37.70	38.00		2.507							
BH-148	2,00	2,45	26.57		0	95.56	48.18	47.38	57.7	30.9	26.81
	6,70	7,00	19.01	2.044	4.73	72.19	33.41	38.78	46.1	25.4	20.68
	13,00	13,35	19.97	2.016	9.08	48.26	26.42	21.84	43.4	26.3	17.06
	15,30	15,70	15.79	2.068	13.45	41.85	15.07	26.78	46	25.4	20.61
	18,50	19,00	16.52	2.035	16.13	39.25	22.98	16.26	52.0	29.0	22.97
	23,70	24,00	23.22	2.017	2.89	77.11	39.61	37.50	45.8	28.3	17.56
BH-425	2,90	3,20	22,54	2,085	0,19	97,39	26,03	71,36	71,0	32,3	38,74
	5,10	5,50	23,89	2,062	0,14	95,58	22,33	74,26	71,6	32,7	38,95
	11,70	12,00	20,67		5,39	89,09	24,24	64,85	54,6	25,4	29,19
	17,00	17,40	19,05	2,033	0	96,69	29,01	67,68	48,5	25,4	23,14
	23,00	23,45	18,31	2,081	1,54	79,36	27,57	51,79	53,5	24,8	28,7

Zones remblais (remblai)

Tableau XIV-4 Essais laboratoires zones remblais

N° Sondage	Profondeur (m)		Teneur en eau W (%)	Densité apparente sol (t/m3)	Granulométrie		Sedimenometre		Limite d'Atterberg		
	De	A			Restant %>4.75 mm	Passante %<0.075 mm	% Limoneux	% Argile	WL	WP	IP
BH-173	5,25	5,45	18.22	1.977	10.10	62.15	26.42	35.73	40.	25.3	15.39
	8,90	9,20	8.88	1.966	4.33	52.76	22.34	30.42	42.1	24.2	17.88
	13,15	13,60	12.85		43.30	16.67	9.52	7.15	41.5	26.2	15.27

ANNEXE GEOLOGIQUE :



Figure XIV-7 Sédiments d'âge Éocène formés de l'alternance de marne et de grès carbonaté



Figure XIV-8 Vue d'une faille développée dans l'alternance de marne et de grès



Figure XIV-9 Vue des fractures développées dans l'alternance de grès et de marne d'âge Éocène

ANNEXE C :

Annexe étude de trafic :

Tableau XIV-5 valeurs K1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0,75	0,85	0.90 à 0,95

Tableau XIV-6 Valeurs K2

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E_1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E_2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E_3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96