République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية

فرنســيس جانســون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

National School of Built and Ground Works Engineering

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD d'un évitement de la ville d'El Achir en 2×2 voies avec aménagement de carrefour giratoire

Présenté par :

BOUAOU Riad

Encadré par :

Mme ALLALOU Rania

Mr MEDDAD Smail

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers le bureau d'études LMTPB qui m'a accueilli durant mon stage. Un remerciement spécial à mon encadrant, M. Smail MEDDAD, pour son soutien, sa patience et ses connaissances inestimables tout au long de cette expérience enrichissante. Je remercie également ma co-encadrante, Mme ALLALOU Rania, pour son soutien précieux.

Je souhaite également remercier chaleureusement les ingénieurs BOUDISSA Rabah et RAHMOUNI Mohamed, ainsi que l'ingénieure CHIKH Yasmine, pour leur précieuse assistance et les conseils avisés qu'ils m'ont prodigués, contribuant significativement à ma formation pratique et à l'achèvement de mon projet.

Enfin, je ne saurais conclure sans rendre hommage à tous les enseignants de l'ENSTP qui ont joué un rôle crucial dans mon parcours académique. Leur dévouement et leur engagement envers l'excellence ont grandement facilité mon cheminement et ma compréhension des enjeux de notre domaine.

Ces remerciements s'étendent à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de mon parcours chez LMTPB et à l'ENSTP.

Dédicace

Ce travail est dédié à ceux qui ont été les piliers de mon existence et de mon éducation. À mes chers parents, Zineddine et Nassima, dont l'amour, le dévouement et le soutien indéfectibles m'ont façonné et accompagné à chaque étape de ma vie. Je vous dois tout.

À mon frère Djamel, ma sœur Yasmine, mon beau-frère Ferhat, ainsi qu'à mon neveu Ilyane et ma nièce Leia, pour leur présence et leur affection constantes.

Je tiens également à dédier ce projet à mes camarades de toujours, Zineb Bendjedi, Imad Hachid, Anis Manallah et aussi Mehdi Khouas, Salim Boudjemaa, Rabeh Boudissa et Mohamed Rahmouni, pour les moments partagés et le soutien mutuel durant nos années d'études.

Un merci spécial à Rania, pour son amour et son soutien moral qui ont été des encouragements sans faille dans les moments les plus difficiles.

Enfin, je dédie ce travail à mes meilleurs amis, Walid, Chico, Ramzy, Ahmed, Oussama et Hassen, pour leur amitié véritable et les bons moments passés ensemble.

À vous tous, je dédie ce travail, en témoignage de ma profonde gratitude.

Résumé

L'étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) pour l'évitement de la ville d'El Achir a porté sur la conception d'une route de contournement en 2x2 voies, incluant trois carrefours giratoires. Le projet a commencé par la collecte de données, suivie d'une étude de l'Avant-Projet Sommaire (APS) pour sélectionner le meilleur couloir. Une étude de trafic a déterminé le nombre de voies, et le dimensionnement du corps de chaussée a spécifié la structure nécessaire. Les tracés en plan et en long ont été établis pour fixer l'axe et les profils de la route, et le profil en travers a complété la conception géométrique.

Les études de stabilité des talus, examinant les scénarios les plus défavorables pour les déblais et les remblais, ont facilité le calcul des volumes nécessaires. Les études d'assainissement ont défini les infrastructures hydrauliques adaptées à chaque bassin versant. Le projet a également intégré la conception des carrefours, la mise en place de la signalisation routière, une évaluation de l'impact environnemental, et l'élaboration d'un devis quantitatif estimatif, garantissant ainsi une gestion exhaustive des impacts et une fonctionnalité optimale de l'évitement.

Abstract

The Preliminary Detailed Project (PDP) for the bypass of El Achir town focused on designing a 2x2 lane bypass, including three roundabouts. The project began with data collection, followed by a Preliminary Outline Project (POP) study to select the optimal corridor. A traffic study determined the number of lanes, and the pavement design specified the necessary structure. Plan and longitudinal layouts were established to set the road axis, and the cross-sectional profile completed the geometric design.

Stability studies of slopes and cubature calculations allowed for the estimation of embankment and excavation volumes. Drainage studies defined hydraulic structures for each watershed. Finally, the project included the design of intersections, road signage, an environmental impact study, and a quantitative estimate, ensuring comprehensive management of impacts and functionality of the bypass.

ملخص

تناول المشروع التفصيلي المبدئي لمشروع طريق التفاف حول مدينة الأشير تصميم طريق وثلاثة دوارات. انطلق المشروع بجمع البيانات تلاه تحليل أولي لاختيار الطريق الأمثل. من خلال دراسة حركة المرور، تم تحديد عدد الحارات والتصميم الأساسي للطريق. تم تطوير المخطط الأفقي والمقطع الطولي، وأكمل المقطع العرضي البنية الهندسية.

شملت الدراسات التفصيلية تقييم الحالات الصعبة للردم والحفر، وساهمت دراسات الكميات في تحديد حجم الردم والحفر اللازم. كما وضعت دراسات الصرف الصحي البنى التحتية الهيدروليكية لكل حوض مائي. وفي النهاية، شمل المشروع تصميم الدوارات، الإشارات المرورية، دراسة التأثير البيئي، وتقديراً كمياً مفصلاً، مما ضمن إدارة شاملة للتأثيرات.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE 1

Chapitre I : Recherches bibliographique

I.1. INTRODUCTION 2
I.2. Causes de la Congestion Routière 2
I.2.1. Croissance démographique et urbanisation 2
I.2.2. Augmentation du nombre de véhicules 2
I.2.3. Limitations de l'infrastructure existante 2
I.2.4. Comportements des conducteurs 3
I.3. Impacts de la Congestion 3
I.3.1. Économiques 3
I.3.2. Environnementaux 3
I.3.3. Impacts sur la Santé Publique 3
I.4. Solutions et Mesures pour Réduire la Congestion 3
I.4.1. Amélioration de l'infrastructure 3
I.4.2. Politiques de transport 3
I.4.3. Alternatives de transport 3
I.4.4. Évitement routier 4
I.5. Conclusion 4

Chapitre II : Présentation du projet

II.1. INTRODUCTION 5
II.2. PRESENTATION DE LA VILLE 5
II.3. Environnement Climatique 5
II.4. Topographie de la région 6
II.5. Géologie régionale 6
II.6. Sismicité de la région 6
II.7. Objectifs du projet 7

Chapitre III: APS

III.1. INTRODUCTION 8
III.2. Types des contraintes 8
III.2.1. Géographie et Relief 8

III.2.2. Infrastructures et Aménagements 8
III.2.3. Activités économiques et installations 8
III.2.4. Réseaux de transport et infrastructures urbaines 8
III.3. Choix du Couloir : Étude des Variantes 9
III.3.1. Variante Nord (première variante) 9
III.3.2 Variante Sud 1 (deuxième variante) 10
III.3.3 Variante sud 2 (troisième variante) 11
II.4. Description du Nouveau Tracé 12
III.5. Conclusion 12

Chapitre IV : Etude du trafic

IV.1. INTRODUCTION 13
IV.2. Résultats de comptage trafic 13
IV.3. Les données du trafic 13
IV.4. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC 13
IV.4.1. Le trafic de l'année de mise en service 13
IV.4.2. Le trafic a l'année horizon 14
IV.4.3. Calcul du trafic effectif 14
IV.4.4. Débit de pointe horaire normal à l'année 2045 15
IV.4.5. Débit horaire admissible 15
IV.5. Nombre des voies 16
IV.6. L'année de saturation 16
IV.7. Conclusion 17

Chapitre V : Etude géotechnique

V.1. INTRODUCTION 18
V.2. Reconnaissance Géotechniques in situ 18
V.2.1 Description des sols rencontrés (Puits) 18
V.3. Essais de laboratoires 20
V.3.1. Essais d'identification physique 20
V.3.1.1 Paramètre d'état 20
V.3.1.2 Paramètre de nature 21
V.3.2. Essais mécaniques 22
V.4. Classification des matériaux selon le GTR 23
V.4.1. Analyse des Propriétés des Sols 23

V.5 Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 24
V.6. Conclusion 24

Chapitre VI : Dimensionnement du corps de chaussée

VI.1. INTRODUCTION 25
VI.2. Méthodes de dimensionnement 25
VI.2.1. Méthode CBR 25
VI.2.1.1. Calcul de L'épaisseur totale 25
VI.2.1.2. Calcul de l'épaisseur équivalente 25
VI.2.1.3. Vérification des couches proposées 26
VI.2.1.4. Choix de la structure de chaussée 26
VI.2.2. La méthode du Catalogue Algérien de Dimensionnement de Chaussées neuves (2001) 26
VI.2.2.1. Données climatiques 28
VI.2.2.2. Détermination du réseau principal 28
VI.2.2.3. Détermination de la classe du trafic (TPL_i) 29
VI.2.2.4. Calcul du trafic cumulé (TC_i) 29
VI.2.2.5. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE_i) 29
VI.2.2.6. Classe de Portance du Sol Support de la Chaussée 30
VI.2.2.7. Sur classement des sols supports des chaussées 30
VI.2.2.8. Choix de la structure de chaussée 31
VI.2.3. Vérification de la structure vis-à-vis de la fatigue 32
VI.2.3.1. Déformations verticales 32
VI.2.3.2. Déformations de traction 32
VI.3. Conclusion 35

Chapitre VII : Tracé en plan

VII.1. INTRODUCTION 36
VII.2. Recommandations pour la Conception du Tracé en Plan d'une Route 36
VII.3. Vitesse de base 37
VII.4. Les éléments constituant le tracé en plan 37
VII.4.1. Les alignements 37
VII.4.2. Arc de cercle 37
VII.4.2.1. Facteurs limitant le choix du rayon des courbes 37
VII.4.2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHM) 38
VII.4.2.3. Rayon minimal normal (RHN) 38

VII.4.2.4. Rayon au dévers minimal (RHd) 38
VII.4.2.5. Rayon minimal non déversé (RHnD) 38
VII.4.3. Dévers en alignement 39
VII.4.4. Les raccordements progressifs (clothoïdes) 39
VII.4.4.2. Règle générale (B40) 40
VII.4.4.3. La condition de confort dynamique 40
VII.4.4.4. La condition de gauchissement 40
VII.4.4.6. Application au projet 41
VII.5. Conclusion 37

Chapitre VIII : Profil en long

VIII.1. INTRODUCTION 43
VIII.2. Règles à Respecter pour le Profil en Long d'une Route 43
VIII.3. Caractéristique géométrique du profil en long 43
VIII.3.1. Déclivité 43
VIII.3.1.1. Déclivité maximale 43
VIII.3.1.2. Déclivité minimale 44
VIII.3.2. Rayons minimaux 44
VIII.3.2.1. Rayon minimal en angle saillant (convexes) 45
VIII.3.2.2. Rayon minimal en angle rentrant (concaves) 45
VIII.4. Description du profil en long 45
VIII.4.1. Ouvrages d'art 46
VIII.5. Coordination du Tracé en Plan et du Profil en Long 46
VIII.6. Conclusion 46

Chapitre IX : Profil en travers

IX.1. INTRODUCTION 47
IX.2. Types de profil en travers 47
IX.3. Les éléments du profil en travers 47
IX.4. Classification du profil en travers 48
IX.4.1. Profil en travers type 49
IX.4.2. Profil en travers courant 49
IX.5. Mise en Œuvre dans le Projet 49
IX.6. Conclusion 49

Chapitre X : Etude de stabilité et calcul de cubatures

X.1. INTRODUCTION 50
X.2. Etude de stabilité de talus 50
X.2.1. Cas plus défavorable déblai 50
X.2.1.1. Partie logiciel déblai 50
X.2.2. Cas plus défavorable remblai 51
X.2.2.1. Partie logiciel remblai 52
X.3. Cubatures 52
X.3.1. Résultats des Calculs de Cubature du Projet 53
X.4. Conclusion 53

Chapitre XI : Assainissement

XI.1. INTRODUCTION 54
XI.2. Etude hydrologiques 54
XI.2.1. Caractéristiques Morphométriques des Bassins Versants 54
XI.2.1.1. Calcul de Surface, longueur, ΔH,pente 54
XI.2.1.2. Temps de concentration (Tc) 54
XI.3. Etude Hydraulique 56
XI.3.1. Le débit du projet du bassin versant 56
XI.3.1.1. Méthode rationnelle 56
XI.3.1.2. Méthode MAC-MATH 58
XI.3.1.3. Méthode Burklier-Ziegler 59
Paramètres à Prendre en Compte pour la méthode Burklier-Ziegler 60
XI.3.1.4. Méthode Mallet-Gauthier 60
XI.3.2. Débit adopté 61
XI.3.2.1. Tableau récapitulatif Q_{10} 61
XI.3.2.2. Tableau récapitulatif Q_{100} 62
XI.3.3. Prédimensionnement des ouvrages hydraulique 62
XI.3.3.1. Méthode Delorme 62
XI.3.3.2. Prédimensionnement des dalots 63
XI.3.3.3. Prédimensionnement des buses 63
XI.3.3.4. Vérification des conditions d'auto-curage 64
XI.4.4. Dimensionnement des fossés 66
XI.4.4.1. Cas de Déblai 66
XI.4.4.2. Cas de remblai 68
XI.4.4.3. Choix du type de fossé 69
XI.5. Érosion du fond des cours d'eau 69
XI.5.1. Systèmes de Protection des Cours d'Eau 69

XI.6. Conclusion 70

Chapitre XII : Etude de carrefour giratoire

XII.1. INTRODUCTION 71
XII.2. Types de carrefour 71
XII.3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour 71
XII.4. Aménagement des carrefours 72
XII.4.1. Premier carrefour 72
XII.4.2. Deuxième carrefour 72
XII.4.3. Troisième carrefour 72
XII.4.4. L'îlot central des carrefours 73
XIII.1. INTRODUCTION 74
XIII.2. Types de signalisation 74
XIII.2.1. Signalisation horizontale 74
XIII.2.1.1. Marquages Transversaux 74
XIII.2.1.2. Marquages Longitudinaux 74
XIII.2.2. Signalisation verticale 74
XIII.2.2.1. Marquages Complémentaires 74
XIII.2.2.2. Signalisation Avancée 75
XIII.2.2.3. Signalisation de Position 75
XIII.2.2.4. Signalisation de Direction 75
XIII.3. Application au projet 75
XIII.3.1. Signalisation horizontale 75
XIII.3.2. Signalisation verticale 77

Chapitre XIV : Etude d'impact sur l'environnement

XIV.1. INTRODUCTION 79
XIV.2. Description du Projet 79
XIV.3. Analyse de l'État Initial de l'Environnement 79
XIV.4. Identification et Évaluation des Impacts 80
XIV.5. Mesures d'Atténuation Proposées 81
XIV.6. Conclusion 82

Listes des figures

Figure I - 1: Embouteillage sur une route 2

Figure II - 1 : Carte géographique montrant la ville d'El Achir 5
Figure II - 2 : Répartition des altitudes à El Achir 6
Figure II - 3 : Roches sédimentaires Figure II - 4 : Carte géologique 6
Figure II - 5 : Carte sismique 7

Figure III- 1 : Tracé de la Première Variante sur Google Earth 9
Figure III- 2 : Profil de Dénivelé de la Première Variante 10
Figure III- 3 : Tracé de la deuxième Variante sur Google Earth 10
Figure III- 4 : Profil de Dénivelé de la deuxième Variante 11
Figure III- 5 : Superposition de la Troisième variante avec les deux premières 11
Figure III- 6 : Profil de Dénivelé de la troisième Variante 12

Figure V - 1: Limon argileux légèrement sableux renfermant des cailloux marneux 19
Figure V - 2 : Marne altéré 19
Figure V - 3 : Argile marneuse 19
Figure V - 4 : Argile sableuse peu encrouté 19
Figure V - 5 : Calcaire 19
Figure V - 6 : Indice de consistance 22
Figure V -1 : Paramètres des limites d'Atterberg 22

Figure VI - 1 : Démarche catalogue 27
Figure VI - 2 : Cartographie des zones climatiques de l'Algérie 28
Figure VI - 3: Détermination des Classes de Trafic TPLi 29
Figure VI - 4 : Structure de la chaussée d'apres le fascicule 3 31
Figure VI - 5 : Deformation verticale calculée 32
Figure VI - 6 : Deformations de traction calculée 35

Figure IX - 1 : types du profil en travers 47

Figure IX - 2 : Les éléments du profil en travers 48

Figure X - 1 : Analyse du Talus en Déblai le Plus Défavorable et Calcul du Facteur de Sécurité - Logiciel SLIDE 51
Figure X - 2 : Analyse du Talus en Remblai le Plus Défavorable et Calcul du Facteur de Sécurité - Logiciel SLIDE 52

Figure XI- 1 : Carte des 8 bassins versants et de leurs thalwegs 54
Figure XI - 2 : Methode Delorme 63
Figure XI - 3 : Mur de tete type 64
Figure XI - 4 : Schéma technique d'un enrochement avec buse et géotextile filtrant 64
Figure XI - 5 : fossé a adopté 69

Figure XII - 1 : Types de carrefour 71
Figure XII - 2 : Vue en plan sur le premier carrefour 72
Figure XII - 3 : Vue en plan sur le deuxième carrefour 73
Figure XII - 4 : Vue en plan sur le troisième carrefour 74

Figure XII - 5 : Succesion de virage dont le premier est à gauche 77

Figure XII - 6 : Sucession de virage dont le premier a droite..... 77
Figure XII - 7 : Cedez le passage.....73
Figure XII - 8 : Panneau de signalisation pour carrefour giratoire..... 77
Figure XII - 9 : Sens interdit..... 77
Figure XII - 10 : Limatation de vitesse..... 77
Figure XII - 11 : Obligation de tourner a droite..... 78

Figure XIV - 1 : Vue satellite Google Earth des terrains agricoles.....79
Figure XIV - 2 : Carte Google Earth des cours d'eau..... 80
Figure XIV - 3 : Terrain agricole situé a El Achir..... 80

Listes des tableaux

Tableau IV - 1 : Coefficient d'équivalence P (B40) 14
Tableau IV - 2: Coefficient « K1 » 15
Tableau IV - 3 : Coefficient « K2 » 15
Tableau IV - 4 : Valeur de la capacité théorique 16
Tableau IV - 5 : Tableau récapitulatif 16
Tableau V - 1 : Puits de Reconnaissance et Nature des Sols Associés 18
Tableau V - 2 : Paramètre d'état 20
Tableau V - 3 : Paramètre de nature 21
Tableau V - 4 : Caractéristiques mécaniques des différents sols 22
Tableau V - 5 : Classification des matériaux selon le GTR 23

Tableau VI - 1 : Coefficient d'équivalence ai 26
Tableau VI - 2 : la structure de chaussée 26
Tableau VI - 3 : Tableau des Températures Équivalentes 28
Tableau VI - 4 : Classification du Réseau Principal 28
Tableau VI - 5 : Valeurs de A 30
Tableau VI - 6 : Classe de portance (Si) 30
Tableau VI - 7 : Sur classement avec couche de forme en materiau non traité 31
Tableau VI - 8 : Structure de chaussée d'après le catalogue algériens 31
Tableau VI - 9 : paramètres de la formule de déformation de traction 33
Tableau VI - 10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux 34
Tableau VI - 11 : Risques adoptés pour RP1 34
Tableau VI - 12 : Valeurs de t en fonction de r 34

Tableau VII - 1 : Longueur des alignements limites 37
Tableau VII - 2 : Valeurs minimales des rayons 39

Tableau VIII - 1 : Déclivité maximale 44
Tableau VIII - 2 : Rayons minimaux 44
Tableau VIII - 3 : éléments géométriques du profil en long 45

Tableau X - 1 : Propriétés des Sols du Talus en déblai 50
Tableau X - 2 : Propriétés des Sols du Talus en remblai 51

Tableau XI - 1 : Valeurs des temps de concentration 56
Tableau XI - 2 : Débits calculés avec la méthode rationnelle 56
Tableau XI - 3 : Valeurs a et b de la formule de Montana 57
Tableau XI - 4 : Valeurs des coefficients de ruissèlements 58
Tableau XI - 5 : Débits calculés avec la méthode MAC-MATH 59
Tableau XI - 6 : Débits calculés avec la méthode Burklier-Ziegler 60
Tableau XI - 7 : Débits calculés avec la méthode Mallet-Gauthier 61
Tableau XI - 8 : Récapitulatif Q10 61
Tableau XI - 9 : récapitulatif Q100 62
Tableau XI - 10 : Paramètres du Choix de la méthode de calcul du débit 62
Tableau XI - 11 : Prédimensionnement du dalot 63
Tableau XI - 12 : Prédimensionnement des buses 64
Tableau XI - 13 : Vérifications des conditions d'autocurage pour les buses 65

Tableau XI - 14 : Vérifications des conditions d'autocurage pour le dalot 66
Tableau XI - 15 : Débit d'apport en deblai 66
Tableau XI - 16 : Débit de saturation cas déblai 67
Tableau XI - 17 : Débit d'apport en remblai 68
Tableau XI - 18 : Débit de saturation en cas remblai 68

Tableau XII - 1 : Paramètres des branches du premier carrefour 72
Tableau XII - 2 : Paramètres des branches du deuxième carrefour 72
Tableau XII - 3 : Paramètres des branches du troisième carrefour 73
Tableau XII - 4 : Paramètres de l'ilot central des carrefours 73

Tableau XIII - 1 : caractéristiques de tous les types de ligne 75
Tableau XIII - 2 : les caractéristiques des lignes discontinues 76

Tableau XV - 1 : Devis estimatif quantitatif 83

Listes des abréviations

- RN : Route nationale
- RPA : Règlement parasismique algérien
- CW : Chemin wilaya
- APS : Avant-Projet Sommaire
- APD : Avant-Projet Détaillé
- TJMA : Trafic Journalier Moyen Annuel
- TPC : Terre-plein central
- CBR : California Bearing Ratio
- GTR : Guide Technique Routier
- LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
- SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
- BB : Béton Bitumineux
- GB : Grave Bitume
- GNT : Grave Non Traitée
- RP : Réseau principale
- TC : Trafic cumulée
- TCE : Trafic cumulée équivalent
- TPL : Trafic poids lourds
- PK : point kilométrique
- ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique
- BV : Bassin versant
- DEMRH : Direction de l'Équipement et de la Maintenance du Réseau Hydraulique
- FHWA : Federal Highway Administration
- EIE : Etude d'Impact sur l'environnement
- TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée
- HT : Hors Taxes
- TTC : Toutes Taxes Comprises

INTRODUCTION GENERALE

Le développement des infrastructures routières joue un rôle clé dans la croissance économique et le développement social des pays en voie de développement, comme l'Algérie. Dans ce contexte, l'étude d'un évitement de la ville d'El Achir, située sur un point critique de la RN 5, représente une intervention stratégique visant à pallier les problèmes de congestion routière exacerbés par le passage fréquent des poids lourds. Ce projet de fin d'études (PFE) explore les multiples facettes de la conception d'une telle infrastructure, en soulignant son importance dans l'amélioration de la fluidité du trafic et dans le soutien du développement économique local.

Ce PFE a été structuré autour d'une série d'études préliminaires et détaillées visant à optimiser la planification et la réalisation de l'évitement. Le processus a débuté par une étude de reconnaissance du site, suivie d'une étude de l'avant-projet sommaire (APS) pour la sélection du couloir optimal. Une analyse approfondie du trafic a ensuite été menée pour comprendre et anticiper les flux de véhicules, ce qui a guidé le dimensionnement du corps de chaussée et la conception géométrique de l'évitement, incluant l'axe en plan, le profil en long, et le profil en travers.

Les aspects techniques tels que la stabilité des talus, le calcul des cubatures et les systèmes d'assainissement ont été minutieusement étudiés pour garantir la durabilité et la sécurité de l'infrastructure. Par ailleurs, une attention particulière a été portée à la conception des carrefours et à la mise en place d'une signalisation adéquate le long de l'évitement pour maximiser la sécurité des usagers.

En complément, l'étude a intégré une évaluation de l'impact environnemental du projet, affirmant ainsi l'engagement envers une construction respectueuse de l'environnement. Le devis estimatif quantitatif final a consolidé tous les éléments du projet, assurant une compréhension claire des coûts et des ressources nécessaires.

Ce PFE représente donc une contribution significative à la conception d'infrastructures routières critiques, en offrant des solutions concrètes pour améliorer la mobilité et stimuler l'économie locale, tout en tenant compte des implications environnementales et sociales du développement infrastructurel en Algérie.

Chapitre I
Congestion routière

I.1. INTRODUCTION

La congestion routière est un problème global affectant presque toutes les grandes métropoles, engendrant des frustrations quotidiennes pour des millions d'usagers ainsi que des conséquences économiques et environnementales notables. Ce chapitre se propose de décortiquer les multiples causes de la congestion, d'évaluer ses impacts variés, et de discuter des solutions possibles pour atténuer ce fléau urbain.



Figure I - 1: Embouteillage sur une route

I.2. Causes de la Congestion Routière

I.2.1. Croissance démographique et urbanisation

La croissance rapide des villes conduit fréquemment à une augmentation des véhicules sur des routes qui ne sont pas adaptées pour gérer un tel volume de trafic. Par exemple, il arrive que de nouveaux quartiers résidentiels se développent sans les infrastructures routières adéquates pour supporter l'accroissement du trafic.

I.2.2. Augmentation du nombre de véhicules

La prospérité économique rend l'achat de véhicules plus accessible, ce qui accroît la densité du trafic sur les routes déjà existantes.

I.2.3. Limitations de l'infrastructure existante

De nombreuses villes souffrent du sous-investissement dans leurs infrastructures routières. Routes dégradées, ponts nécessitant des réparations, et manque de voies alternatives pour les véhicules lourds exacerbent la congestion.

I.2.4. Comportements des conducteurs

Les embouteillages s'aggravent souvent à cause des mauvais comportements des conducteurs, notamment les changements fréquents de voie et l'utilisation inefficace des voies disponibles, particulièrement durant les heures de pointe.

I.3. Impacts de la Congestion

I.3.1. Économiques

La congestion routière coûte des milliards aux économies en réduisant la productivité, en augmentant la consommation de carburant et l'usure des véhicules. Dans des villes comme Alger, Oran et Constantine, les conducteurs perdent des centaines d'heures par an dans les embouteillages, ce qui entraîne des pertes économiques substantielles. Par exemple, à Alger, la rocade sud qui passe par Kouba et Ben Aknoun est souvent saturée, causant des retards importants et des pertes économiques considérables.

I.3.2. Environnementaux

La congestion intensifie la pollution de l'air et contribue au changement climatique en augmentant les émissions de polluants, notamment les oxydes d'azote et les particules fines, qui dégradent la qualité de l'air.

I.3.3. Impacts sur la Santé Publique

Les polluants émis par les véhicules augmentent les risques de troubles respiratoires et de maladies cardiovasculaires, particulièrement chez les enfants et les personnes âgées, exacerbant les problèmes de santé publique dans les zones urbaines.

I.4. Solutions et Mesures pour Réduire la Congestion

I.4.1. Amélioration de l'infrastructure

Élargissement des routes : Ajouter des voies peut faciliter la gestion du volume croissant de trafic et améliorer la fluidité.

Optimisation des intersections : L'adoption de technologies avancées pour gérer les feux de circulation et l'installation de ronds-points peut réduire les temps d'attente et améliorer le flux de trafic.

I.4.2. Politiques de transport

Tarification de la congestion : Appliquer des frais aux heures de pointe dissuade l'utilisation de voitures privées, comme démontré à Londres et à Singapour.

Restrictions horaires : Limiter les heures de circulation dans certaines zones peut aider à disperser le trafic sur toute la journée.

I.4.3. Alternatives de transport

Investissement dans les transports en commun : Augmenter l'efficacité et la disponibilité des transports en commun peut inciter à délaisser la voiture personnelle.

Infrastructures pour vélos et piétons : Promouvoir la marche et le cyclisme à travers des infrastructures sûres et accessibles peut réduire la congestion.

I.4.4. Évitement routier

Construction de contournements : Ces routes permettent de dévier le trafic des centres urbains congestionnés, réduisant ainsi la pression sur les voies principales et améliorant la qualité de vie urbaine.

Impact des contournements : Ces aménagements ont prouvé leur efficacité dans plusieurs villes en réduisant les embouteillages et la pollution tout en facilitant le transport de marchandises.

I.5. Conclusion

La résolution de la congestion routière nécessite une approche stratégique globale, tenant compte des spécificités locales et intégrant diverses solutions, allant de l'amélioration des infrastructures à des politiques de transport innovantes. Bien que coûteuses, ces mesures promettent des bénéfices significatifs à long terme, comme une réduction de la congestion, une amélioration de la qualité de l'air, et une augmentation de la productivité. Investir dans des alternatives de transport durable et l'utilisation de technologies avancées peut également encourager des modes de vie plus sains et réduire la dépendance aux véhicules personnels. Ces efforts, bien que nécessitant une collaboration étroite entre divers acteurs, offrent des avantages économiques, environnementaux et sociaux qui justifient l'investissement initial.

Chapitre II
Présentation du projet

II.1. INTRODUCTION

Dans le contexte du développement de la commune d'El Achir dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, et face à la nécessité de disposer d'une infrastructure routière adaptée à sa croissance économique et facilitant les échanges socio-économiques, notre étude porte sur la création d'un contournement sud de la ville d'El Achir. Cette nouvelle voie vise à réduire le trafic circulant à travers la ville, améliorant ainsi la fluidité et la qualité de vie urbaine.

II.2. PRESENTATION DE LA VILLE

El Achir est avantageusement située à l'ouest de Bordj Bou Arreridj, à seulement 11 km de cette ville, et près de l'axe autoroutier Est-Ouest. Positionnée dans l'Est algérien à une altitude de 975 mètres et sur la RN 5, El Achir bénéficie d'un accès aisé pour les usagers. Sa vocation commerciale attire un trafic important, surtout aux heures de pointe, ce qui accentue la circulation urbaine au sein de l'agglomération.



Figure II - 1 : Carte géographique montrant la ville d'El Achir

II.3. Environnement Climatique

À Bordj-Bou-Arreridj, l'environnement climatique est marqué par des saisons distinctes avec des étés courts, très chauds, secs et majoritairement clairs, et des hivers longs, très froids et partiellement nuageux. Les variations de température au cours de l'année sont significatives, oscillant généralement entre 1 °C et 34 °C, avec des extrêmes qui descendent rarement sous -3°C ou montent au-dessus de 37 °C. La région est caractérisée par un climat continental, parmi les plus rudes d'Algérie. Concernant les précipitations, elles varient de 300 à 700 mm par an, reflétant une pluviométrie modérée typique des climats continentaux.

II.4. Topographie de la région

Le tracé de projet est situé au sud de la ville d'El Achir, il s'agit d'un terrain pratiquement plat, ayant parfois des pentes douces à moyennes constatées au côté Ouest du tracé, il présente une topographie globalement régulière, le site est stable et ne pose aucun problème vis-à-vis la morphologie.

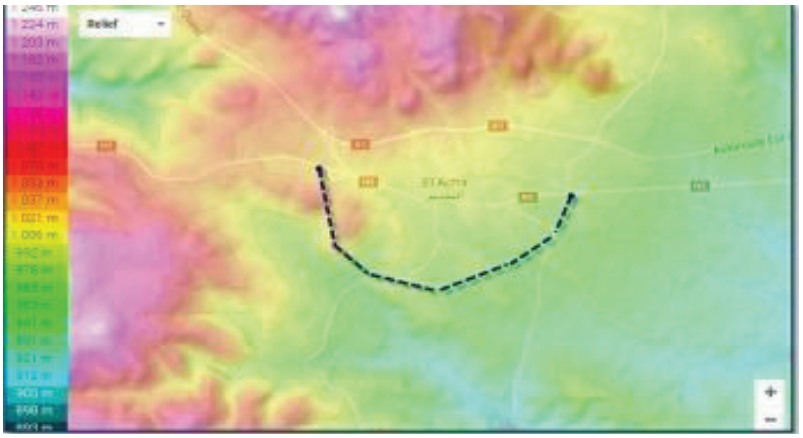
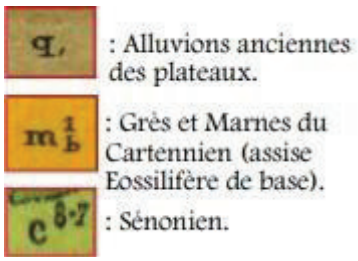


Figure II - 2 : Répartition des altitudes à El Achir

II.5. Géologie régionale

D'après la carte géologique de Bordj Bou Arreridj, le projet en question est implanté sur des terrains sédimentaires d'âge suivant :



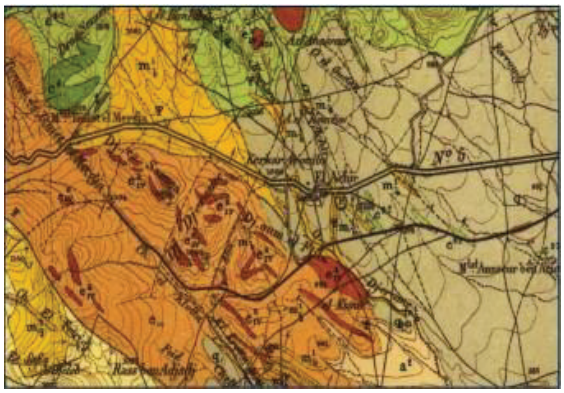


Figure II - 3 : Roches sédimentaires

Figure II - 4 : Carte géologique

II.6. Sismicité de la région

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPA 99/version 2003), qui est un document technique réglementaire, le territoire algérien est divisé en cinq zones de sismicité croissante :

- Zone 0 : Sismicité négligeable
- Zone I : Sismicité faible
- Zone II a et II b : Sismicité moyenne
- Zone III : Sismicité élevée

Selon ce classement, la zone d'étude où se situe El Achir est classée dans la Zone II a, indiquant une sismicité moyenne.

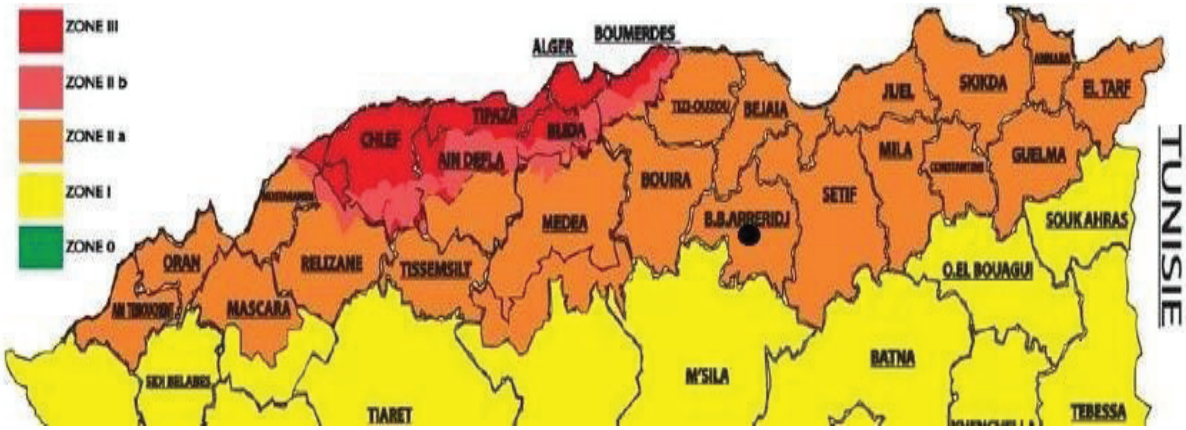


Figure II - 5 : Carte sismique

II.7. Objectifs du projet

- Diminuer le Flux de Trafic dans la Ville : Réduire la congestion urbaine et améliorer la qualité de vie en diminuant le volume de trafic traversant le centre d'El Achir.
- Optimiser la Logistique pour le Transport de Marchandises : Améliorer la mobilité des usagers et des marchandises, en particulier pour les poids lourds, qui bénéficieront d'une route alternative pour éviter le centre-ville, réduisant ainsi les délais de transport et améliorant l'efficacité logistique.
- Augmenter la Sécurité Routière : Réduire les accidents de la circulation en ville en déviant les véhicules lourds et à grand gabarit hors des zones densément peuplées.

Chapitre III
APS

III.1. INTRODUCTION

Ce chapitre détaille la phase APS, une étape essentielle qui succède généralement à une phase préliminaire lorsqu'elle est prévue. L'objectif principal de l'APS est d'approfondir l'analyse des variantes identifiées précédemment, ou bien, en l'absence de phase préliminaire, de débuter l'étude en s'appuyant sur des cartes topographiques et géologiques. Cette démarche permet d'évaluer les aléas, les contraintes et les avantages associés à la situation sociogéographique de chaque variante proposée.
Durant cette phase, une attention particulière est accordée à une étude multicritère pour choisir la variante la plus adaptée. Cette sélection se fonde sur une série de critères déterminants, tels que les contraintes spécifiques du site, l'aspect économique du projet, les défis techniques liés aux tracés et l'impact environnemental des options envisagées.
L'issue de cette phase APS est la sélection d'une seule variante, qui sera ensuite développée plus en détail durant la phase APD (Avant-Projet Détaillé)

III.2. Types des contraintes

Les types de contraintes qui ont été observés sur le site de notre projet ont été établis comme suit :

III.2.1. Géographie et Relief

- Au nord de la ville d'El Achir, le terrain présente un relief significatif avec la présence de montagnes.
- Dans le sud de la ville, spécifiquement dans la première partie ouest, le site traverse des champs de labour caractérisés par un relief difficile.

III.2.2. Infrastructures et Aménagements

- Proximité de la station de péage et de l'autoroute Est-Ouest au nord de la ville.
- Présence marquée de cours d'eau et d'écoulements dans la région.
- Existence de plusieurs conduites de gaz traversant la zone.
- Deux passages à niveau et une sous-station ferroviaire projetée liés à la nouvelle ligne de chemin de fer dans le sud de la ville.

III.2.3. Activités économiques et installations

- Présence de l'usine Amara-Moulin, un acteur économique important dans la région.

III.2.4. Réseaux de transport et infrastructures urbaines

- Nécessité de rétablir le réseau routier dans la zone, notamment le CW01.
- Présence de plusieurs conduites d'assainissement qui pourraient influencer le tracé du projet.

Ces éléments doivent être considérés pour leur impact potentiel sur la planification et la construction de l'infrastructure envisagée, nécessitant des ajustements et des mesures d'atténuation appropriées

III.3. Choix du Couloir : Étude des Variantes

Dans le cadre de cette phase de l'étude, nous nous concentrons sur l'analyse de trois variantes distinctes pour le tracé de la route. Une de ces variantes propose un passage par le nord de la ville d'El Achir, tandis que les deux autres envisagent des tracés passant par le sud de la ville. Cette segmentation permet d'évaluer les avantages et les inconvénients de chaque option.

III.3.1. Variante Nord (première variante)

La variante nord, l'une des options envisagées pour le contournement de la ville d'El Achir, présente plusieurs inconvénients significatifs qui pourraient affecter sa viabilité à long terme :

- **Passage par l'Autoroute Est-Ouest** : Cette variante nécessite l'intégration du tracé avec l'autoroute existante, ce qui pourrait compliquer les aspects logistiques et augmenter les coûts de construction.
- **Proximité avec les Écoulements d'Eau** : Le tracé traverse plusieurs zones d'écoulement d'eau, ce qui pose des défis en termes de gestion des eaux et de préservation de l'environnement aquatique.
- **Relief Importante** : Le relief est particulièrement marqué dans la première partie du tracé, nécessitant des travaux de terrassement importants et potentiellement coûteux.
- **Impact sur l'Extension Urbaine** : Une extension de la ville d'El Achir est prévue par le nord. Le passage de cette route pourrait devenir une contrainte majeure pour le développement futur de la ville.
- **Longueur du Tracé** : Avec une longueur totale de 7,41 km, cette variante est relativement longue, ce qui pourrait augmenter les coûts de construction et d'entretien, tout en affectant la durée des trajets pour les usagers.



Figure III- 1 : Tracé de la Première Variante sur Google Earth



Figure III- 2 : Profil de Dénivelé de la Première Variante

III.3.2 Variante Sud 1 (deuxième variante)

La deuxième variante proposée pour le contournement de la ville d'El Achir se situe au sud et présente également ses propres défis :

- **Longueur du Tracé** : Cette variante a une longueur de 6,25 km, dépassant légèrement celle de la troisième variante. Bien que cette distance soit justifiée par la nécessité de contourner certaines contraintes géographiques ou urbaines, il est encore possible d'explorer des options pour optimiser le tracé. Cela pourrait réduire la longueur totale, diminuer les coûts de construction et d'entretien, tout en améliorant l'efficacité pour les usagers.
- **Traversée de Reliefs** : Le parcours de cette route traverse des zones à relief important, ce qui peut compliquer les travaux de construction et augmenter significativement les coûts de terrassement.



Figure III- 3 : Tracé de la deuxième Variante sur Google Earth



Figure III- 4 : Profil de Dénivelé de la deuxième Variante

III.3.3 Variante sud 2 (troisième variante)

La troisième variante, également située au sud de la ville d'El Achir, représente une optimisation de la variante précédente avec plusieurs améliorations notables :

- **Optimisation du Tracé** : Des ajustements ont été apportés principalement dans la première partie du tracé, permettant une réduction significative du relief traversé, ce qui simplifie les travaux de terrassement et réduit potentiellement les coûts.
- **Réduction de la Longueur** : Cette variante a été optimisée pour être plus courte que la précédente, avec une longueur totale réduite. Cette diminution de la longueur permet une économie en termes de coûts de construction et d'entretien, tout en réduisant le temps de trajet pour les usagers.
- **Nombre d'Ouvrages d'Art** : Le nombre d'ouvrages d'art nécessaires a été réduit à deux. Cette optimisation non seulement allège les dépenses en infrastructures mais aussi minimise l'impact environnemental associé à de telles constructions.



Figure III- 5 : Superposition de la Troisième variante avec les deux premières



Figure III- 6 : Profil de Dénivelé de la troisième Variante

II.4. Description du Nouveau Tracé

Le tracé du contournement d'El Achir débute à l'intersection de la RN05 et de la CW01, où un carrefour giratoire est prévu pour faciliter la jonction entre la RN05 et le contournement. Ce dernier s'étend sur environ 6 km à partir de l'entrée ouest de la ville, près de la station d'essence et proche de l'échangeur de l'autoroute Est-Ouest.

Le parcours se poursuit ensuite à travers des terrains agricoles, en contournant les contraintes environnementales et géographiques, notamment un relief vallonné et divers écoulements d'eau. Un ouvrage d'art est prévu pour permettre la traversée de la ligne de chemin de fer et du chemin de wilaya CW01. Le tracé continue alors à travers les plaines agricoles, enjambant à nouveau la même ligne de chemin de fer, et suit parallèlement le chemin de wilaya CW01.
Finalement, le contournement rejoint la route nationale RN05 à la sortie est de la ville de El Achir, complétant ainsi le circuit autour de la ville et améliorant significativement l'accès ainsi que la fluidité du trafic dans la région.

III.5. Conclusion

Après une analyse approfondie des trois variantes proposées pour le contournement de la ville d'El Achir, la troisième variante (variante sud 2) a été retenue en raison de son optimisation supérieure comparée aux autres options. Cette variante présente plusieurs avantages significatifs, notamment un tracé modifié qui réduit à la fois le relief et la longueur totale, permettant ainsi une diminution des coûts de construction et d'entretien. Elle minimise également les contraintes géographiques et structurelles du site, réduisant le risque de complications durant la construction et l'exploitation. De plus, en limitant le nombre d'ouvrages d'art à seulement deux, cette option se révèle économique et moins dommageable pour l'environnement. Globalement, la troisième variante s'aligne avec les objectifs de durabilité, d'efficacité et de coût du projet, ce qui en fait la solution la plus viable pour répondre aux besoins.

Chapitre IV
Etude de trafic

IV.1. INTRODUCTION

L'étude de trafic joue un rôle fondamental dans la planification et la conception des infrastructures routières. Ce processus permet de déterminer le nombre de voies nécessaires et les dimensions des éléments essentiels du profil en travers type, indispensables pour garantir une circulation fluide et sécurisée. Dans ce chapitre, nous examinons comment le comptage du trafic, étape cruciale, permet de collecter les données quantitatives nécessaires à l'évaluation du volume de véhicules utilisant une route donnée.
Nous explorerons également les étapes de calcul dérivées de la norme B40. L'objectif de ce chapitre est de présenter comment les données issues du comptage du trafic, combinées avec les directives de la norme B40, sont utilisées pour formuler des décisions de conception précises. Ces décisions influencent directement la construction de l'évitement de la ville d'El Achir, visant à répondre efficacement aux besoins actuels et futurs de mobilité.

IV.2. Résultats de comptage trafic

Les données résultant des comptages manuels, réalisés simultanément dans les deux directions (Mansourah-Bordj Bou Arreridj), ont été collectées sur une période de deux jours, de 7h à 16h. Le trafic nocturne a été estimé sur la base des volumes de jour, représentant 20 à 25 % du total pour la période nocturne.
Le pourcentage de poids lourds dans le trafic total a été évalué à 30 %. Les résultats montrent que le comptage est symétrique dans chaque direction, c'est-à-dire que le trafic est considéré à 100% des Trafics Journaliers Moyens Annuels (T.J.M.A) sur chaque voie de même sens. Ainsi, le T.J.M.A pour l'année 2017 est calculé en divisant le total par deux sens, ce qui donne un T.J.M.A de 19080/2 qui est 9450 v/j

IV.3. Les données du trafic

Selon les résultats de comptages et de prévisions :

- Année de comptage : 2017
- $TJMA_{2017}$ = 9450 v/j
- Année de mise en service : 2025
- La durée de vie est de n=20 ans.
- Pourcentage du poids lourd : p= 30%.
- Le Taux de croissance du trafic : τ=5%.

IV.4. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC

IV.4.1. Le trafic de l'année de mise en service

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service est :

$$TJMAmise\ en\ service = TJMAo(1+\tau)^n$$

$$TJMA2025 = TJMA2017(1+\tau)^n$$
$$TJMA2025 = 9450(1+0.05)^8$$
$$TJMA2025 = 14095\ \mathrm{v}/j$$

Avec :

$TJMA_0$: trafic à l'année de comptage
$TJMA_{mise\ en\ service}$: trafic a l'année de mise en service
n : nombre d'années entre l'année de comptage et l'année de mise en service

IV.4.2. Le trafic a l'année horizon

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

$$TJMAh = TJMAmise\ en\ service(1+\tau)^n$$

$TJMA2045 = TJMA2025(1+\tau)^n$
$TJMA2045 = 14095(1+0.05)^{20}$
$TJMA2045 = 37399\ \mathrm{v}/j$
Avec :
$TJMA_h$: trafic à l'horizon
$TJMA_{mise\ en\ service}$: trafic a l'année de mise en service
n : nombre d'années entre l'année de mise de mise en service et l'horizon

IV.4.3. Calcul du trafic effectif

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$Teff = ((1-Z) + P \times Z) \times TJMA2045$$

Avec :
Z : pourcentage de poids lourds (30%)
T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.
P : coefficient d'équivalence des poids lourds, est déterminé à partir des valeurs fournies dans le tableau de la norme B40

Tableau IV - 1 : Coefficient d'équivalence P (B40)

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonnes caractéristiques	2-3	**2-6**	8-12
Routes étroites ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

À partir du tableau, et compte tenu d'une route aux bonnes caractéristiques et d'un environnement E2, en prends P=4

Alors :

$Teff = ((1-0.3) + 0.3 \times 4) \times 37399$
$Teff = 71059\ \mathrm{v}/j$

IV.4.4. Débit de pointe horaire normal à l'année 2045

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h, il est exprimé en uvp/h

$$Q = Teff \times \frac{1}{n}$$

Avec :

$\frac{1}{n}$: coefficient de pointe horaire, calculé pour n=8h, est égal à 0.12

D'où :

$Q = 71059 \times 0.12$
$Q = 8883\ uvp/\text{h}$

IV.4.5. Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible est le débit horaire maximal qui est accepté par voie est de :

$$Qadm = K1 \times K2 \times Cth$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement

Tableau IV - 2: Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	**0.85**	0.9-0.95

Dans notre cas, avec un environnement E2, nous obtenons : K1=**0.85**

K2 : coefficient de réduction de capacité

Tableau IV - 3 : Coefficient « K2 »

Environnement	Catégorie de la route				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	**0.99**	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Dans notre cas, avec un environnement E2 et une catégorie de route 3, nous obtenons : K2=**0.99**

C_{th} : Capacité théorique

Tableau IV - 4 : Valeur de la capacité théorique

Capacité théorique (uvp/h)	
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

Dans notre cas, avec un environnement E2 et une catégorie de route 3 pour une route à chaussée séparée, nous obtenons :
C_{th}=**1800 uvp/h**

Alors :

$$Qadm = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$
$$Qadm = \mathbf{1515\ uvp/h}$$

IV.5. Nombre des voies

Le nombre des voies est donné par la relation suivante :

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

Avec :

S= 1/3 (coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les deux sens)
Q : Débit de pointe horaire normal à l'année 2045
Q_{adm} : débit admissible par voies

$$N = (1/3) \times \frac{8883}{1515}$$
$$\mathbf{N = 1.95}$$

Ainsi, le nombre de voies sera de N= 2 voies /sens

Tableau IV - 5 : Tableau récapitulatif

$TJMA_{2017}$	$TJMA_{2025}$	$TJMA_{2045}$	T_{eff}	Q	Q_{adm}	N
9540	14095	37399	71059	8883	1515	2

Selon la norme B40, cette étude de trafic nous a permis de concevoir une route unidirectionnelle de 2x2 voies, avec une largeur de chaussée de 3,5 mètres et un accotement de 1,8 mètre, ainsi qu'un terre-plein central (TPC)

IV.6. L'année de saturation

$$Qsat = 6 \times Qadm$$
$$Qsat = 6 \times 1515$$
$$Qsat = 9090\ uvp/h$$

$$Qmise\ en\ service\ =\ 0.12 \times\ Teff$$

$$Teff = ((1 - Z)\ + P \times Z) \times TJMA2025$$
$$Teff\ =\ ((1 - 0.3)\ +\ 4 \times 0.3) \times 14095$$
$$Teff = 71059\ uvp/j$$

D'où :

$$Qmise\ en\ service\ =\ 0.12 \times 71059$$
$$Qmise\ en\ service\ =\ 3214$$

$$Nsaturation = \frac{ln(\frac{Qsat}{Qmise\ en\ service})}{ln(1 + \tau)}$$

$$Nsaturation = \frac{ln(\frac{9090}{3214})}{ln(1 + 0.05)}$$

$$Nsaturation = 21.15 = 22$$

Par conséquent, notre route atteindra sa capacité maximale 22 ans après son ouverture, ce qui signifie que l'année de saturation est 2047

IV.7. Conclusion

En conclusion, selon la norme B40, cette étude de trafic a facilité la conception d'une route unidirectionnelle de 2x2 voies, équipée d'une chaussée de 3,5 mètres de large et d'un accotement de 1,8 mètre, complétée par un terre-plein central (TPC) de 2mètre. Cette configuration assure non seulement la conformité aux standards de sécurité et d'efficacité, mais répond également aux besoins futurs de trafic prévus dans la région.

Chapitre V
Etude géotechnique

V.1. INTRODUCTION

Une campagne de reconnaissance géotechnique a été menée sur le site du projet afin d'évaluer de manière approfondie les caractéristiques du sol. Des prélèvements de sol ont été effectués à divers emplacements du terrain et soumis à une analyse rigoureuse en laboratoire. Les essais réalisés ont permis de déterminer les propriétés physiques, mécaniques de ces échantillons. L'analyse de ces données est fondamentale pour comprendre la composition et la stabilité du sol, informations vitales pour la conception sécurisée et efficace des structures prévues pour ce site.

V.2. Reconnaissance Géotechniques in situ

Quinze sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance) ont été effectués avec plusieurs objectifs spécifiques :

- Déterminer la nature du sol.
- Visualiser l'homogénéité et le pendage des couches.
- Prélever des échantillons pour réaliser des essais de laboratoire.

V.2.1 Description des sols rencontrés (Puits)

Des tranchés par sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance) ont été réalisés pour l'objet d'identifier la composition géologique des couches superficielles

Les résultats concernant la lithologie sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V - 1 : Puits de Reconnaissance et Nature des Sols Associés

Puits	Profondeur (m)	Nature du sol
1	0.00 - 2.20	Limon argileux légèrement sableux renfermant des cailloux marneux
2	0.00 - 2.50	Argile limoneuse à débris marneux
3	0.00 - 2.10	Marne altéré
4	0.00 - 2.00	Marne altéré
5	0.00 - 2.20	Marne altéré
6	0.00 - 2.30	Marne altéré

7	0.00 - 2.40	Argile limoneuse à débris marneux
8	0.00 - 2.00	Marne altéré
9	0.00 - 2.50	Argile marneuse
10	0.00 – 1.80	Marne altéré
11	0.00 - 2.00	Argile sableuse peu encroute
12	0.00 - 2.00	Encroutement argileux renfermant des blocs
13	0.00 - 2.00	Encroutement calcaire sableux compacte
14	0.00 - 2.20	Encroutement calcaire sableux compacte
15	0.00 - 2.20	Argile sableuse peu encroute

Voici des illustrations représentant les différents types de lithologies identifiés :



Figure V - 2: Limon argileux légèrement sableux renfermant des cailloux marneux



Figure V - 3 : Marne altéré



Figure V - 4 : Argile marneuse



Figure V - 5 : Argile sableuse peu encroute



Figure V - 6 : Calcaire

V.3. Essais de laboratoires

Les échantillons intacts et remaniés, prélevés à partir des sondages à ciel ouvert ont fait l'objet d'analyse en laboratoire selon le programme d'essai ci-après :

Essais d'identification physique :

- Détermination de la teneur en eau naturelle
- Mesure de la densité humide et sèche
- Analyse granulométrique
- Détermination des limites d'Atterberg

Essais d'identification mécanique :

- Essai Proctor
- Essai CBR

V.3.1. Essais d'identification physique

V.3.1.1 Paramètre d'état

Pour les paramètres d'état, nous avons réalisé deux essais essentiels : la détermination de la teneur en eau naturelle Wn (%), degré de saturation (Sr) et la mesure de la densité humide γh et sèche du sol γd. Les résultats de ces essais sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V - 2 : Paramètre d'état

Paramètres d'états						
Puits	**Profondeur(m)**	**Nature du sol**	**Wn (%)**	**γh (t/m3)**	**γd (t/m3)**	**Sr (%)**
2	1.50-2.50	Argile limoneuse à débris marneux	25	1.74	1.38	73
4	1.00-2.00	Marne altérée	25	2.02	1.62	98
6	1.30-2.30		23	2.04	1.66	97
7	1.00-2.00	Argile limoneuse à débris marneux	24	1.78	1.45	72
9	1.50-2.50	Argile marneuse	22	1.96	1.61	87

11	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	22	1.88	1.54	79
13	1.00-2.00	Encroutement calcaire sableux	13	1.93	1.74	54
14	1.20-2.20		15	1.90	1.68	60
15	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	21	1.91	1.58	80

V.3.1.2 Paramètre de nature

Pour les paramètres de nature, nous avons réalisé l'analyse granulométrique et la détermination des limites d'Atterberg. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V - 3 : Paramètre de nature

Paramètres de nature							
Puits	**Profondeur(m)**	**Nature du sol**	**80μm**	**WL (%)**	**WP (%)**	**IP (%)**	**IC**
2	1.50-2.50	Argile limoneuse à débris marneux	76	42	25	17	1.00
4	1.00-2.00	Marne altérée	89	45	24	21	0.95
6	1.30-2.30		91	44	23	21	1.00
7	1.00-2.00	Argile limoneuse à débris marneux	75	44	22	22	0.90
9	1.50-2.50	Argile marneuse	87	46	23	23	1.04
11	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	68	43	23	20	1.05
13	1.00-2.00	Encroutement calcaire sableux	16	35	18	17	1.30
14	1.20-2.20		18	36	19	17	1.23
15	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	71	42	23	19	1.10

En sachant que :

L'indice de consistance (Ic) :

L'indice de consistance d'un sol à teneur en eau Wn est défini comme suit :

$$Ic = \frac{WL - Wn}{IP}$$

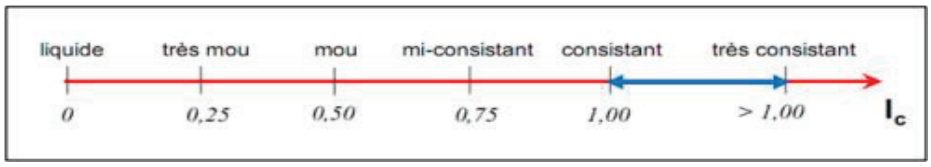


Figure V - 7 : Indice de consistance

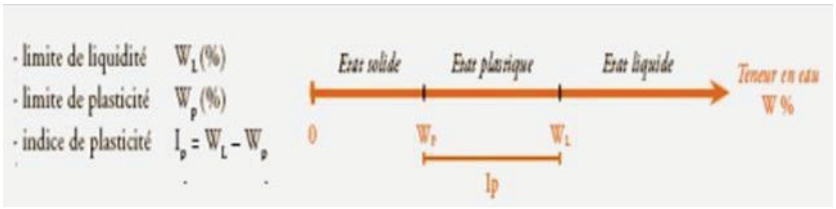


Figure V -8 : Paramètres des limites d'Atterberg

V.3.2. Essais mécaniques

Les caractéristiques mécaniques du sol, essentielles pour déterminer sa capacité de support et sa compacité, incluent principalement la portance et les propriétés de compactage. Pour évaluer ces aspects, des essais spécifiques ont été réalisés :

- **Essai Proctor Modifié** : Conduit selon la norme NFP 94-093 d'octobre 1999, cet essai est utilisé pour déterminer les caractéristiques de compactage du sol. Il permet d'établir la densité maximale que le sol peut atteindre sous compaction ainsi que la teneur en eau optimale nécessaire pour atteindre cette densité.

- **Essai CBR (California Bearing Ratio)** : Réalisé à 95% de la densité obtenue avec l'essai Proctor Modifié, selon la norme NFP 94-078 de mai 1997. Cet essai est crucial pour évaluer la portance du sol, un indicateur de la capacité du sol à supporter les structures routières.

Les résultats des essais, ainsi que la classification du sol selon le CBR, sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V - 4 : Caractéristiques mécaniques des différents sols

Puits			Caractéristiques mécaniques			
Puits	**Profondeur(m)**	**Nature du sol**	**γd_{opm} (t/m3)**	**W_{opm} (%)**	**CBR à 95 %**	**Classification**
2	1.50-2.50	Argile limoneuse à débris marneux	1.71	11.0	4.2	S4
4	1.00-2.00	Marne altérée	1.90	10.1	8.54	S3
6	1.30-2.30		1.81	10.7	5.44	S3

7	1.00-2.00	Argile limoneuse à débris marneux	1.82	12.0	4.71	S4
9	1.50-2.50	Argile marneuse	1.66	10.00	4.41	S4
11	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	1.76	9.10	6.00	S3
13	1.00-2.00	Encroutement calcaire sableux	2.10	6.90	22.01	S2
14	1.20-2.20		2.05	8.10	18.87	S2
15	1.00-2.00	Argile sableuse peu encroûté	1.86	9.70	7.08	S1

Nous avons identifié des classes de sol allant de S1 à S4. Pour le dimensionnement du corps de chaussée, nous prenons en compte le cas le plus défavorable, qui est la classe S4 avec un CBR à 95% de **4.2**

V.4. Classification des matériaux selon le GTR

Suivant le guide technique routier (G.T.R 2000) établie par le L.C.P.C et S.E.T.R.A, les sols étudiés se situent dans les classes suivantes :

Tableau V - 5 : Classification des matériaux selon le GTR

Puits	Classe	Paramètres de nature		Sous classe en fonction de la nature	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous-classe
		Première classification	Deuxième classification			
2	A	$D_{max} \leq 50$ mm 80µm >35%	12<IP≤25	A_2	0.9< IC ≤1.05	**A_2h**
4						
6						
7						
9						
11					1.05< IC ≤1.2	**A_2m**
13	C	D_{max}> 50 mm et 12<80µm ≤35%	IP >12	C_1B_6	1.2< IC ≤1.3	**C_1B_6S**
14						
15	A	80µm >35%	12<IP≤25	A_2	1.05< IC ≤1.2	**A_2m**

V.4.1. Analyse des Propriétés des Sols

Caractéristiques Principales des Sols de la Classe A2 : Ces sols sont adaptés à l'utilisation d'une large gamme d'outils de terrassement, à condition que la teneur en eau reste modérée. Dès que l'IP atteint des valeurs ≥12, il constitue le critère d'identification le mieux adapté

Comportement du Sol C1B6m : Le comportement de ce type de sol est similaire à celui des

sols fins ayant une plasticité comparable. Toutefois, il présente une sensibilité accrue à l'eau en raison d'une proportion plus élevée de la fraction sableuse. Cette caractéristique influe sur la manière dont le sol réagit sous différentes conditions d'humidité.

V.5. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Les conditions d'utilisation des sols sont celles qu'il y a lieu de respecter pour autoriser l'emploi en remblai des différentes classes et sous-classes. Ces conditions sont exprimées en exigences techniques directement intégrables dans les cahiers de charges des marchés, pour obtenir la qualité généralement recherchée pour ces ouvrages. Elles ont été définies dans le double souci :

- D'une part, de viser le juste niveau de qualité technique nécessaire, compte tenu des possibilités des matériels d'exécution. ·
- D'autre part, de tenir compte des coûts moyens des différentes techniques et méthodes utilisées.
- Les matériaux appartenant à la classe A et la sous-classe (A2m) sont définis comme étant des sols ne posant pas de problème de réutilisation en couche de remblai, sauf par pluie forte ou moyenne.
- Lorsque le remblai est exécuté dans les conditions météorologiques défavorables (en pluie forte), la qualité de mise en œuvre n'est pas garantie pour cela il est fortement déconseillé de réaliser le remblai dans ces conditions.
- En cas de pluie faible, on peut réaliser le remblai mais sous conditions :

  Utiliser un compactage moyen.

  Ne pas dépasser une hauteur moyenne de 10 m.

- Dans le cas favorable (ni pluie, ni évaporation importante), on peut réaliser le remblai en appliquant un compactage moyen.
- En cas d'évaporation importante (forte chaleur), il faut soit utiliser un arrosage superficiel sur les couches de 30 ou 40 cm, en utilisant un compactage moyen, soit utiliser un compactage intense.

V.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mieux connaître le sol sur lequel notre projet routier sera réalisé. À travers une série d'essais, nous avons pu déterminer les propriétés spécifiques de ce sol, ce qui est essentiel pour adapter nos méthodes lors du dimensionnement du corps de chaussée et des travaux de terrassement. Ces connaissances nous permettent d'optimiser notre approche pour garantir la durabilité et l'efficacité de l'infrastructure proposée.

Chapitre VI
Dimensionnement du corps de chaussée

VI.1. INTRODUCTION

Ce chapitre se concentre sur l'une des phases les plus critiques de la conception d'une route, ledimension de la chaussée. Le processus est conçu pour déterminer l'épaisseur optimale de la couche de chaussée et sélectionner les matériaux appropriés pour répondre aux exigences géométriques, mécaniques et de résistance aux charges des véhicules.
L'approche choisie doit garantir une infrastructure routière durable capable de supporter les volumes de trafic projetés avec un minimum d'entretien tout au long de son cycle de vie.
Nous aborderons ici deux méthodes de conception principales :

- La méthode CBR (California-Bearing-Ratio)
- La méthode du catalogue algérien

VI.2. Méthodes de dimensionnement

VI.2.1. Méthode CBR

C'est une méthode semi empirique qui se base un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (9O° a 100°) de l'optimum Proctor modifiée

VI.2.1.1. Calcul de L'épaisseur totale

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P})\left(75 + 50log\frac{N}{10}\right)}{I_{CBR} + 5}$$

Avec :

e : épaisseur équivalente
I_{CBR} : indice CBR
N : trafic poids lourds à l'année d'horizon sur la voie la plus chargée
P : essieu 13t/2 p=6.5t

Pour notre projet on a :
$N = TPL_{2045} = (1+\tau)^n \times TPL_{2025}$
$N = TPL_{2045} = (1+0.05)^n \times 3806$
$N = \ 10098\, PL/j/sens$

On obtient une épaisseur totale de la chaussée de :

$$E_{totale} = e = 73.28\ Cm$$

VI.2.1.2. Calcul de l'épaisseur équivalente

$$E_{equivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Avec :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.
$e1, e2, e3$: épaisseurs réelles des couches.

Tableau VI - 1 : Coefficient d'équivalence ai

Matériau	Coefficient d'équivalence a_i
Béton bitumineux BB	2.00
Grave bitume GB	1.5
GNT	1

Donc :

$$E_{equivalente} = 2 \times 8 + 1.5 \times 15 + 35 \times 1$$
$$E_{equivalente} = 75Cm$$

VI.2.1.3. Vérification des couches proposées

$$E_{equivalente} > E_{Totale}$$
$$75\ Cm > 73.28\ Cm$$

VI.2.1.4. Choix de la structure de chaussée

Étant donné que les couches proposées ont été vérifiées et validées, le choix de notre structure :

Tableau VI - 2 : la structure de chaussée

Types de couches	Matériaux	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	8
Couche de Base	GB	15
Couche de fondation	GNT	35

VI.2.2. La méthode du Catalogue Algérien de Dimensionnement de Chaussées neuves (2001)

La méthode du catalogue algérien est un système standardisé utilisé pour le dimensionnement des structures de chaussée en Algérie. Elle repose sur l'utilisation de catalogues préétablis qui compilent des données sur les caractéristiques du trafic, les propriétés géotechniques du sol, et les conditions climatiques pour définir les spécifications de construction de la chaussée. Cette méthode permet aux ingénieurs de choisir parmi différents modèles de chaussée préconçus qui correspondent aux conditions spécifiques d'un site, assurant ainsi une approche optimisée et économique du dimensionnement des chaussées.

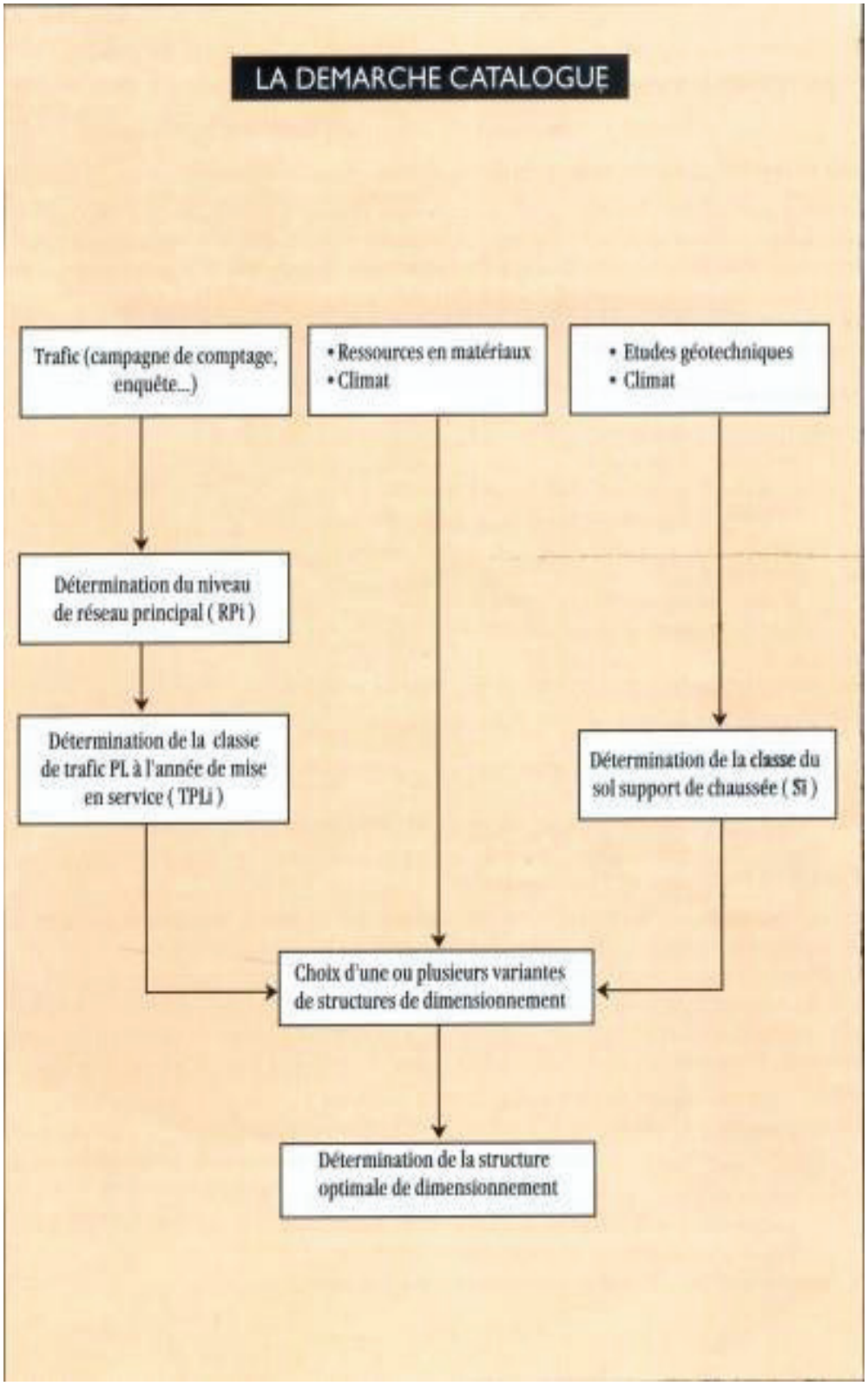


Figure VI - 1 : Démarche catalogue

VI.2.2.1. Données climatiques

La température équivalente est déterminée à partir du « **Catalogue Algérien de Dimensionnement de Chaussées neuves (2001)** » selon le zonage climatique du site, dans notre cas on a la zone climatique I



Figure VI - 2 : Cartographie des zones climatiques de l'Algérie

Tableau VI - 3 : Tableau des Températures Équivalentes

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20°	25°	30°

En considération des conditions climatiques de notre zone, une température équivalente θ_{eq} =20°C est adoptée.

VI.2.2.2. Détermination du réseau principal

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivants :

Tableau VI - 4 : Classification du Réseau Principal

Réseau principal	Trafic (uvp/j)
RP1 (RN, Autoroute, CW)	>1500
RP2 (RN, CW)	<1500

$$TJMA2025 = 14095\ V/J$$
$$TJMA2025 > 1500 V/J$$

En conséquence, le choix s'est porté sur le réseau principal RP1.

VI.2.2.3. Détermination de la classe du trafic (TPL_i)

En ce qui concerne notre cas qui est une chaussée unidirectionnelle a 2 voies on a 90% de poids lourds sur la voie la plus lente de droite

Ce qui donne :

$$TPL2025 = TJMA2025 \times PL\% \times 90\%$$

$$TPL2025 = 14095 \times 0.3 \times 0.9$$

$$TPL2025 = 3806\ PL/J/sens$$

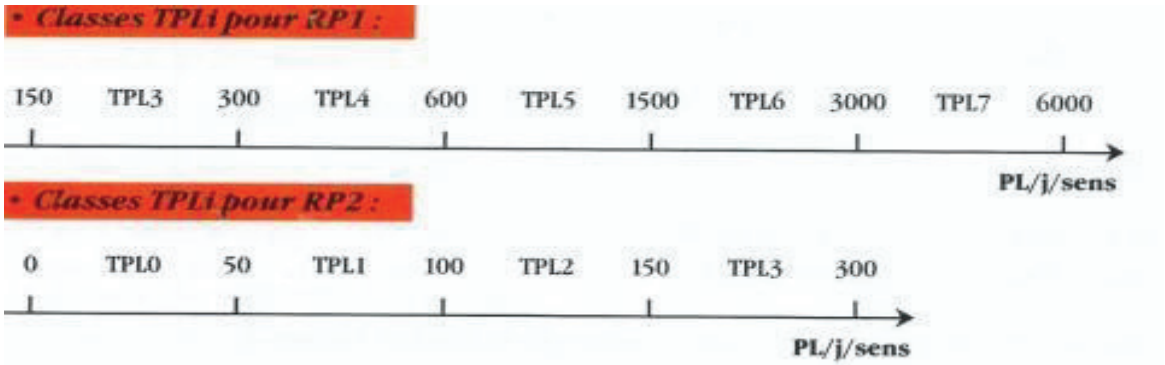


Figure VI - 3 : Détermination des Classes de Trafic TPLi

D'après le réseau principale RP1 et le TPL_{2025} on obtient un TPL7

VI.2.2.4. Calcul du trafic cumulé (TC_i)

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

$$TCi = 3806 \times \frac{(1+0.05)^{20}-1}{0.05} \times 365$$

$$TCi = 4.6 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

VI.2.2.5. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE_i)

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieu équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie considérée et calculé selon la formule suivante :

$$TCEi = TCi \times A$$

$$TCEi = 4.6 \times 10^7 \times 0.6$$

$$TCEi = 2.76 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

Avec :

A : coefficient d'agressivité des poids lourds

Ce coefficient, qui varie en fonction du réseau principal et du type de matériaux utilisé, est détaillé dans le tableau suivant :

Tableau VI - 5 : Valeurs de A

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

VI.2.2.6. Classe de Portance du Sol Support de la Chaussée

Le tableau ci-dessous présente les classes de portance des sols, classées de S4 à S0. Cette classification est également appliquée aux sols-supports de notre chaussée.

Tableau VI - 6 : Classe de portance (Si)

Classe de portance (S_i)	CBR
S4	< 5
S3	$5 - 10$
S2	$10 - 25$
S1	$25 - 40$
S0	> 40

Dans notre projet $ICBR = 4.2 < 5$, ce qui classe notre sol support dans la catégorie S4

VI.2.2.7. Sur classement des sols supports des chaussées

Pour notre cas spécifique, le CBR est de 4.2, ce qui correspond à la classe S4. Nous proposons une couche de forme composée de tuff, avec une épaisseur de 60 Cm.

Cette configuration est destinée à améliorer le CBR à une valeur comprise entre 10 et 25, correspondant à la classe S2.

Le sur classement de la classe du sol support a été effectué en suivant les critères établis dans le tableau présenté ci-dessous, extrait du fascicule 1.

Tableau VI - 7 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

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

(*) Matériaux non traités : Grave non traitée (G.N.T.), matériaux locaux (T.V.O, tufs, etc...).
Pour l'utilisation des matériaux locaux, il est recommandé de faire une étude spécifique au laboratoire

VI.2.2.8. Choix de la structure de chaussée

Étant donné que nous disposons d'un sol de portance S2, un trafic de type TPL7, un réseau classé RP1, et que nous sommes situés dans une zone climatique de type I, le fascicule 3 nous guide vers la structure de chaussée suivante :

Tableau VI - 8 : Structure de chaussée d'après le catalogue algériens

Types de couches	Matériaux	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	8
Couche de Base	GB	14
Couche de fondation	GB	15

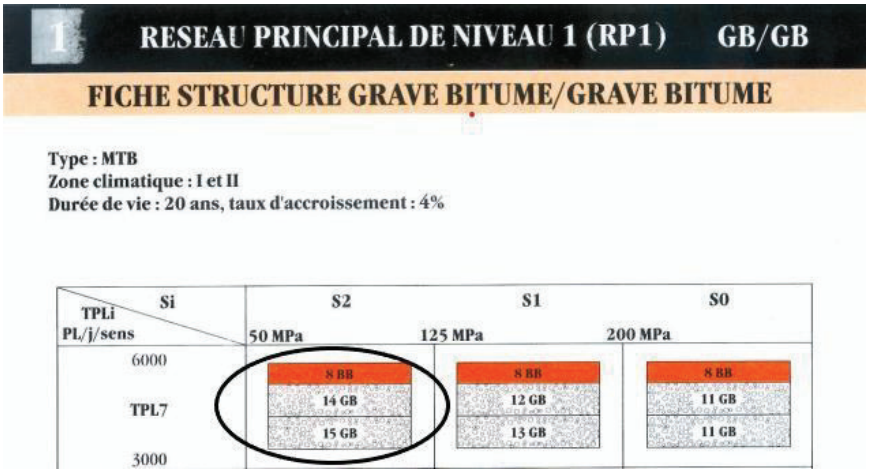


Figure VI - 4 : Structure de la chaussée d'après le fascicule 3

VI.2.3. Vérification de la structure vis-à-vis de la fatigue

VI.2.3.1. Déformations verticales

VI.2.3.1.1. Calcul des déformations admissibles sur le sol support ($\varepsilon_{z,\,ad}$)

Les déformations admissibles du sol support ont été calculée à partir d'une relation empirique, déduite d'une étude statistique sur le comportement des chaussées en Algérie, donnant lieu à la formule suivante :

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

$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (2.76 \times 10^{7})^{-0.235}$

$\varepsilon_{z,adm} = 3.926 \times 10^{-4} \mu \text{ def} = 392.6\ def$

VI.2.3.1.2. Calcul des déformations verticales sur le sol support (ε_z)

Le calcul des déformations verticales a été réalisé à l'aide du logiciel Alizé. Dans notre cas, le calcul se fait à la base de la couche de GB (couche de fondation), et voici le résultat obtenu :

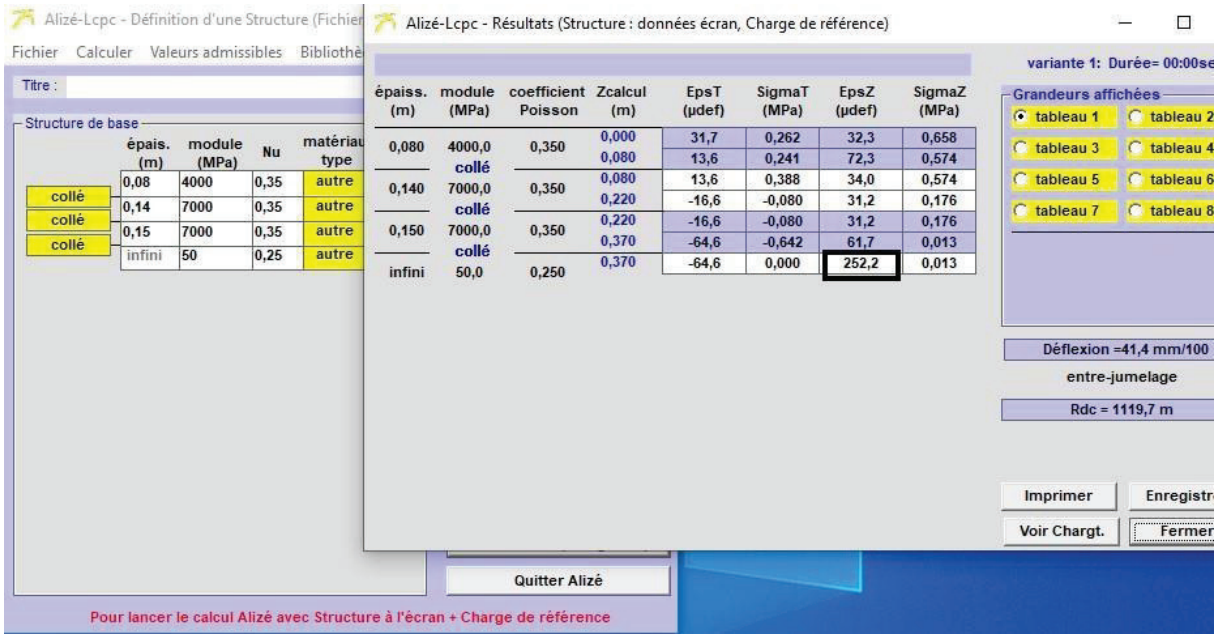


Figure VI - 5 : Déformation verticale calculée

VI.2.3.1.3. Vérification des déformations

$$\varepsilon_{z,adm} > \varepsilon_z$$

$$392.6\ def > 252.2\ def$$

Donc, les déformations verticales ont été vérifiées.

VI.2.3.2. Déformations de traction

VI.2.3.2.1. Calcul des déformations admissibles de traction

Le calcul de la déformation admissible de traction à la base des couches bitumineuses est déterminé par la relation suivante :

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc$$

Où :

$\varepsilon_6(10°, 25Hz)$: déformation limite détenue au bout de 10 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue)
kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
$k\theta$: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
kr : facteur lié au risque et aux dispersions
kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

Les valeurs de ces paramètres seront récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI - 9 : paramètres de la formule de déformation de traction

Paramètres	Valeurs
$\varepsilon_6(10°, 25Hz)$	0.0001
kne	0.616
$k\theta$	1.34
kr	0.66
kc	1.3

Avec :

$E(10°, 10Hz) = 12500$
$E(20°, 10Hz) = 7000$
$TCEi = 2.76 \times 10^7$ PL/J/sens
$t = -2.054$
$b = -0.146$
$SN = 0.45$
$Sh = 3$
$C = 0.02$

$$\delta = [SN^2 + (C \times \frac{Sh}{b})^2]^{\ 2} = 0.61$$

$$kne = (\frac{TCEi}{10^6})^2$$

$$k\theta = [\frac{E(10°, 10Hz)}{E(20°, 10Hz)}]^{0.5}$$

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

Les paramètres $E(10°, 10Hz)$, $E(20°, 10Hz)$, t,b,SN,Sh sont extraits des tableaux mentionnés ci-dessous :

Tableau VI - 10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

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

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

Tableau VI - 11 : Risques adoptés pour RP1

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/ sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Tableau VI - 12 : Valeurs de t en fonction de r

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Cela résulte en une valeur de déformation admissible en traction de :

$\varepsilon_{t,adm} = 0.0001 \times 0.616 \times 1.34 \times 0.66 \times 1.3$

$\varepsilon_{t,adm} = 7.02 \times 10^{-5} \mu def$

$\varepsilon_{t,adm} = 70.2\ def$

VI.2.3.2.2. Calcul des déformations de traction

Le calcul des déformations de traction a été réalisé à l'aide du logiciel Alizé. Dans notre cas, le calcul se fait à la base de la couche de GB (couche de fondation), et voici le résultat obtenu :

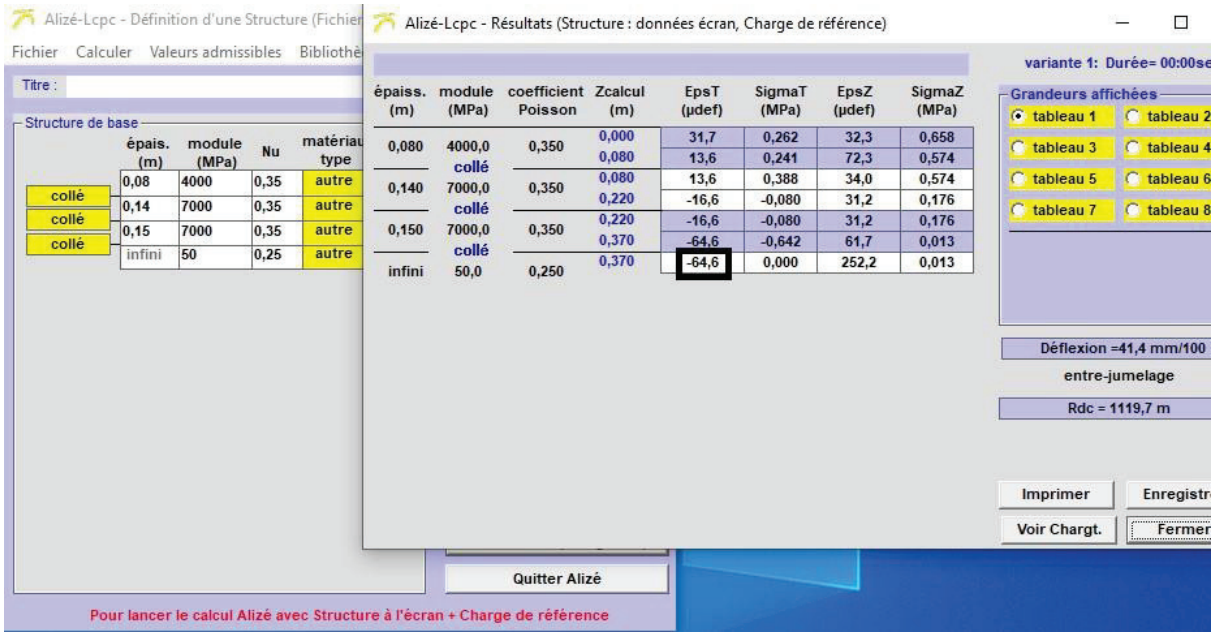


Figure VI - 6 : Déformations de traction calculée

VI.2.3.2.3. Vérification des déformations

$$\varepsilon_{t,adm} > \varepsilon_t$$
$$70.2\ def > 64.6\ def$$

Donc, les déformations de traction ont été vérifiées.

VI.3. Conclusion

En conclusion, après une analyse approfondie des différentes méthodologies disponibles, notre décision finale quant à la structuration repose sur l'adoption de la méthode proposée par le catalogue algérien. Cette méthode a été privilégiée à la méthode CBR en raison de sa capacité à intégrer un plus grand nombre de paramètres essentiels pour le dimensionnement. En outre, elle offre l'avantage supplémentaire de permettre la vérification des déformations, un aspect crucial pour assurer la durabilité et la sécurité de la structure. Cette décision est le fruit d'une réflexion minutieuse visant à optimiser les performances et la fiabilité de notre projet.

Strucutre retenue :

8BB+14GB+15GB

Chapitre VII
Tracé en plan

VII.1. INTRODUCTION

Le tracé en plan d'une route est réalisé par la projection de l'ensemble des points de la route sur un plan horizontal. Ce tracé est généralement composé d'une succession d'alignements droits et d'arcs, lesquels sont connectés par des courbes de raccordement progressif. Cette configuration est déterminée en tenant compte d'une vitesse de base, qui est cruciale pour définir les caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan, notamment lorsqu'il inclut des segments droits, est essentiel pour garantir une bonne sécurité et un confort optimal aux usagers. La conception de ce tracé doit donc veiller à optimiser ces aspects, en ajustant les éléments comme la longueur des droites et des courbes, ainsi que les rayons de courbure, en fonction de la vitesse de conception prévue. Ces paramètres influencent directement la maniabilité et la sécurité sur la route, car ils affectent la visibilité, la facilité de navigation et la tolérance aux erreurs des conducteurs.

VII.2. Recommandations pour la Conception du Tracé en Plan d'une Route

Pour assurer une conception optimale du tracé en plan d'une route, plusieurs pratiques sont conseillées afin de maximiser la sécurité, le confort et l'efficacité économique. Les recommandations suivantes devraient être prises en compte :

- **Adaptation au terrain naturel** : Il est préférable d'ajuster le tracé pour épouser au mieux les caractéristiques naturelles du terrain, réduisant ainsi les besoins en terrassement et préservant l'environnement local.

- **Utilisation de grands rayons** : Lorsque les conditions du terrain le permettent, privilégier l'emploi de grands rayons pour les courbes afin d'améliorer la sécurité en facilitant le contrôle des véhicules et en augmentant la visibilité.

- **Respect de la longueur minimale des alignements droits** : Si possible, maintenir une longueur minimale pour les alignements droits, ce qui contribue à une meilleure orientation et stabilité pour les conducteurs.

- **Raccordement aux réseaux existants** : Assurer une intégration efficace avec les infrastructures routières existantes pour faciliter la continuité et l'accessibilité du réseau routier.

- **Préservation des terrains agricoles** : Éviter autant que possible les tracés qui traversent les terres agricoles, notamment les zones arboricoles, pour minimiser l'impact sur l'agriculture locale.

- **Gestion des franchissements d'oueds** : Éviter de franchir les oueds autant que possible pour réduire la nécessité de construire des ouvrages d'art coûteux. Si un franchissement est nécessaire, il est recommandé de le réaliser perpendiculairement à l'oued pour minimiser les coûts et les impacts environnementaux.

Ces recommandations sont destinées à guider les concepteurs dans l'élaboration de tracés qui respectent à la fois les exigences techniques et les considérations environnementales et économiques.

VII.3. Vitesse de base

Dans le cadre d'un projet routier, la vitesse de base ou de référence est un élément clé pris en compte pour définir les paramètres de conception. Fixée à 80 km/h pour notre projet, cette vitesse détermine les limites des caractéristiques géométriques de la route et influence d'autres aspects de sa conception. Pour assurer le confort et la sécurité des usagers, il est crucial que cette vitesse de référence reste constante entre les différentes sections de la route.

VII.4. Les éléments constituant le tracé en plan

VII.4.1. Les alignements

Bien que la ligne droite soit géométriquement l'élément le plus simple et le plus couramment utilisé, son application dans le tracé des routes est limitée en raison de l'adaptation insuffisante au paysage et de la monotonie de la conduite, qui peut accroître le risque d'accidents. Il est recommandé d'insérer une longueur minimale d'alignement droit entre deux courbes circulaires de même direction.
Les règles concernant la longueur des alignements selon le B40 stipulent :

$$L_{min}(m) = 5 \times \frac{V}{3.6}$$

$$L_{max}(m) = 60 \times \frac{V}{3.6}$$

V étant la vitesse de base qui est dans notre cas de 80 Km/h
L'application de ces règles au projet est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau VII - 1 : Longueur des alignements limites

Vitesse de base V_B(Km/h)	**80**
L_{min}(m)	**120**
L_{max}(m)	**1500**

VII.4.2. Arc de cercle

VII.4.2.1. Facteurs limitant le choix du rayon des courbes

Trois facteurs principaux influencent la limitation du rayon des courbes dans la conception des tracés routiers :

- **Stabilité des véhicules** : La stabilité est primordiale pour assurer que les véhicules puissent négocier les courbes en toute sécurité, sans risque de dérapage ou de renversement.

- **Adaptation des véhicules longs** : Les courbes de faible rayon peuvent poser des problèmes pour les véhicules longs, qui pourraient avoir des difficultés à rester dans leur voie sans empiéter sur les voies adjacentes.

- **Visibilité dans les tranchées en courbe** : Il est essentiel de maintenir une bonne visibilité pour les conducteurs, particulièrement dans les zones où les courbes sont creusées en tranchées, pour réduire les risques d'accidents.

Il est conseillé de choisir le rayon le plus grand possible pour optimiser ces facteurs, tout en respectant le rayon minimum recommandé pour garantir la sécurité et la fonctionnalité de la route.

VII.4.2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHM)

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

$$RH_m = \frac{{V_r}^2}{127(f_t + d_{max})}$$

Avec :

f_t : coefficient de frottement transversal
d_{max} : Dévers maximal
V_r : Vitesse de référence

De ce fait, pour chaque valeur de V, nous définissons une série de couples (R, d)

VII.4.2.3. Rayon minimal normal (RHN)

RHN représente le rayon minimal absolu associé à la vitesse de référence immédiatement supérieure. À ce rayon est associé à un d_{max} - 2% pour la catégorie de route 3

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})}$$

VII.4.2.4. Rayon au dévers minimal (RHd)

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit

$$RHd = \frac{(V_r)^2}{\cancel{127 \times 2 \times d_{min}}}$$

d_{min} = 2,5% en catégorie 3

VII.4.2.5. Rayon minimal non déversé (RHnD)

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V une courbe de devers égal à d_{min} vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée

$$\mathrm{RHnD} = \frac{(V_r)^2}{127 \times d_{min}}$$

Pour notre projet situé dans un environnement E2, classé en catégorie 3 avec une vitesse de base de 80 km/h, nous avons déterminé les valeurs des rayons conformément à la norme B40. Ces valeurs sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau VII - 2 : Valeurs minimales des rayons

Rayons	Symbole	Valeurs (m)
Rayon horizontal minimal absolu	RHM	**220**
Rayon minimal normal	RHN	**375**
Rayon au dévers minimal	RHd	**800**
Rayon minimal non déversé	RHnD	**1200**

VII.4.3. Dévers en alignement

En alignement, le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée, d_{min} =2,5%

VII.4.4. Les raccordements progressifs (clothoïdes)

La clothoïde est une spirale caractérisée par un rayon de courbure qui diminue progressivement, partant de l'infini à son origine jusqu'à atteindre zéro au point asymptotique. Sa courbure est directement proportionnelle à la longueur de l'arc parcouru. Lorsqu'elle est suivie à vitesse constante, la clothoïde assure une variation constante de l'accélération transversale, ce qui améliore nettement le confort pour les usagers.

$$\boldsymbol{K = C \times L = \frac{1}{R}}$$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2$

Alors : $L \times R = A^2$

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

VII.4.4.1. La condition optique

Assure une transition visuelle douce pour les conducteurs, permettant une adaptation graduelle à la courbure de la route.

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

VII.4.4.2. Règle générale (B40)

Quand R ≤ 1500m

$$L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

Avec :

Le ripage ΔR=1m

Quand 1500 ≥ R > 5000

$$L = \frac{R}{9}$$

Avec :

r=3°

Quand 5000 < R

$$L = 7.75\sqrt{R}$$

Avec :

ΔR limité à 2.5m

VII.4.4.3. La condition de confort dynamique

Offre une expérience de conduite plus confortable en minimisant les changements brusques de direction et les forces latérales, ce qui contribue à réduire la fatigue du conducteur et à améliorer le bien-être général pendant le trajet.

$$L = \frac{{V_B}^2}{18}\left(\frac{{V_B}^2}{127 \times R} - d\right)$$

Avec :

V_B : Vitesse de base
d : devers associé

VII.4.4.4. La condition de gauchissement

Permet une adaptation progressive du véhicule à la courbure, réduisant le stress mécanique sur les véhicules et améliorant la stabilité.

$$L \geq d \times L \times V_B$$

Avec :

L : Longueur de la chaussée dans notre cas elle est de 7m

VII.4.4.5. Condition de gauchissement et confort

$$L \geq \frac{5}{3.6} \times d \times V_B$$

VII.4.4.6. Application au projet

Examinons un cas spécifique : le premier rayon de notre axe, où R=400m

VII.4.4.6.1. La condition optique

$$133.33 \leq A \leq 400$$

VII.4.4.6.2. Règle générale (B40)

R=400m donc R ≤ 1500m, alors :

$L_1 = \sqrt{24 \times 400 \times 1}$
$L_1 = 97.97 \approx 98m$
$L_1 \geq \mathbf{98m}$

VII.4.4.6.3. La condition de confort dynamique

V_B =80 Km/h ; R=400 m

Calcul de devers par l'Approximation successive

RHn (6%) = 375 m
RHd (3%) = 800 m

On obtient :

$$d = \frac{d(RHn) - d(RHd)}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd}} \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}\right) + d(RHd)$$

$$d = \frac{6 - 3}{\frac{1}{375} - \frac{1}{800}} \times \left(\frac{1}{400} - \frac{1}{800}\right) + 3$$

$d = 0.0564 = 5.64\ \%$

Ce qui fait :

$$L_2 \geq \frac{80^2}{18}\left(\frac{80^2}{127 \times 400} - 0.0564\right)$$

$L_2 \geq 24.74 \approx \mathbf{25m}$

VII.4.4.6.4. La condition de gauchissement

$L_3 \geq 0.0564 \times 7 \times 80$
$L_3 \geq 31.58 \approx \mathbf{32\ m}$

VII.4.4.6.5. Condition de gauchissement et confort

$$L_4 \geq \frac{5}{36} \times 5.64 \times 80$$
$L_4 \geq 62.66 \approx \mathbf{63m}$

VII.4.4.6.6. Longueur maximale de la clothoïde

On a : $L_1 \leq L_3 \leq L_4 \leq L_1$

Donc $L = L_{max} = L_1 = \mathbf{98m}$

VII.4.4.6.7. Calcul de paramètre de Clothoïde A

$A = \sqrt{L \times R}$
$A = \sqrt{98 \times 400}$
$A = 198m$

Alors la condition optique est vérifiée car :

$$133.33m \leq 198m \leq 400m$$

VII.5. Conclusion

En conclusion, le chapitre consacré au tracé en plan dans un projet de fin d'études de route est fondamental. Il détermine l'alignement horizontal de la route tout en prenant en compte les exigences techniques, environnementales et économiques. L'exploitation des données topographiques combinée à l'usage de logiciels de conception assistée par ordinateur permet de développer un tracé optimisé qui facilite une circulation fluide et sécurisée. En minimisant les courbes, les pentes et les difficultés liées au terrain, le tracé en plan ne se contente pas de maximiser la fonctionnalité de la route ; il favorise également son intégration esthétique et pratique dans l'environnement, garantissant ainsi une expérience de conduite agréable et sûre pour tous les usagers.

Chapitre VIII
Profil en long

VIII.1. INTRODUCTION

Le profil en long d'une route, représentant une coupe verticale le long de l'axe central, est crucial pour la conception routière. Il joue un rôle déterminant dans la continuité spatiale, permettant aux concepteurs de prévoir l'évolution du tracé et d'assurer une bonne perception des points singuliers, essentiels pour une navigation sécurisée et efficace.

Composé de lignes droites raccordées par des paraboles, le profil en long facilite des transitions en douceur entre différentes pentes, améliorant ainsi le confort de conduite et optimisant le drainage de l'eau. Ces transitions sont vitales pour minimiser les risques de perte de contrôle du véhicule et pour améliorer la visibilité des conducteurs.

VIII.2. Règles à Respecter pour le Profil en Long d'une Route

Dans la conception du profil en long, il est essentiel de prendre en compte plusieurs règles importantes :

- **Respect des normes géométriques** : Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur est crucial pour assurer la conformité de la conception.
- **Gestion de l'eau** : Il est essentiel d'éviter les angles rentrants en déblai pour prévenir la stagnation des eaux et favoriser un écoulement efficace. De plus, un profil en long en léger remblai est préférable car il facilite l'évacuation des eaux et permet une meilleure intégration de la route dans le paysage.
- **Équilibre des matériaux** : Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais pour optimiser la construction et réduire l'impact environnemental.
- **Hauteur des remblais** : Éviter une hauteur excessive en remblai pour maintenir la stabilité de la structure et minimiser les coûts.
- **Coordination du tracé** : Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long. L'agencement des alignements et des courbes en profil en long doit respecter certaines règles établies.
- **Adaptation au paysage** : Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage pour une meilleure intégration visuelle et fonctionnelle de la route.

VIII.3. Caractéristique géométrique du profil en long

VIII.3.1. Déclivité

VIII.3.1.1. Déclivité maximale

La déclivité maximale est spécialement permise sur des tronçons courts, inférieurs à 1500 mètres, en raison de la réduction de la vitesse et de l'augmentation subséquente des coûts de circulation, comme dans les cas de rampes maximales, ainsi que de l'effort de freinage accru requis pour les poids lourds, entraînant une usure significative des pneumatiques dans les descentes prononcées.

Valeurs des déclivités maximales selon le B40 :

Tableau VIII - 1 : Déclivité maximale

Environnement / p. max	Facile	Moyen	Difficile
Cat. 1 - 2	4 %	5 %	6 %
Cat. 3	5 %	6 %	7 %
Cat. 4 - 5	6 %	7 %	8 %

Dans notre cas :

$$Imax = 6\%$$

VIII.3.1.2. Déclivité minimale

- Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1%, et particulièrement celles en dessous de 0.5%, afin de prévenir la stagnation des eaux.

- Dans les longues sections en déblais on prend I_{min}= 0.5% pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

Dans notre cas :

$$Imin = 0.5\%$$

VIII.3.2. Rayons minimaux

Selon la catégorie de la route numéro 3, l'environnement E2, une chaussée unidirectionnelle, et une vitesse de base de 80 km/h, les valeurs du rayon minimal sont extraites du tableau B40.

Tableau VIII - 2 : Rayons minimaux

Angle saillant - unidirectionnel										
. min. absolu	RVm1	10.000	4.500	2.000	4.500	2.000	800	2.000	800	250
. min. normal	RVN1	15.000	10.000	4.500	10.000	4.500	2.000	4.500	2.000	800
- bidirectionnel										
. min. absolu	RVm2	16.000	8.000	3.500	8.000	3.500	1.300	3.500	1.300	450
. min. normal	RVN2	16.000	16.000	8.000	16.000	8.000	3.500	8.000	3.500	1.300
Angle rentrant										
. min.absolu	R'Vm	3.500	2.100	1.600	2.100	1.600	1.100	1.600	1.100	500
. min. normal	R'VN	4.500	3.500	2.100	3.500	2.100	1.600	2.100	1.600	1.100
R assurant d_D	RVD	27.000	16.000	9.000	16.000	9.000	5.000	9.000	5.000	2.300

VIII.3.2.1. Rayon minimal en angle saillant (convexes)

Les rayons minimaux autorisés pour les raccordements paraboliques dans les angles saillants sont déterminés en considérant la position de l'œil humain, la présence d'obstacles, ainsi que les distances d'arrêt et de visibilité requises. Pour ce faire, on applique des valeurs spécifiques du rayon minimal :

$$Rvm = 2000$$
$$Rvn = 4500$$
$$Rvd = 9000$$

VIII.3.2.2. Rayon minimal en angle rentrant (concaves)

Dans les zones basses où les routes se rejoignent, il est moins important de voir clairement pendant le jour que pendant la nuit. La nuit, les phares des voitures doivent éclairer assez loin pour que le conducteur puisse voir les obstacles à temps. Pour cela, on utilise des valeurs spécifiques du rayon minimal de la route :

$$R'vm = 1600$$
$$R'vn = 2100$$

VIII.4. Description du profil en long

Tableau VIII - 3 : éléments géométriques du profil en long

Localisation	Eléments	Valeurs	Longueur (m)
PK00+000 au PK 00+717.25	**Rampe**	**0.66%**	**717.25**
PK00+717.25 au PK 01+017	**Rayon de raccordement**	**8000m**	**300.30**
PK01+017 au PK 01+553	**Pente**	**-3.1%**	**536.13**
PK01+553 au PK 01+646	**Rayon de raccordement**	**5000m**	**92.64**
PK01+646 au PK 02+032	**Pente**	**-4.9%**	**395.03**
PK02+032 au PK 02+578	**Rayon de raccordement**	**10000m**	**528.47**
PK02+578 au PK 02+842	**Rampe**	**0.5%**	**263.53**
PK02+842 au PK 02+958	**Rayon de raccordement**	**5000m**	**117.13**
PK02+958 au PK 03+049	**Ouvrage d'art en pente**	**-1.8%**	**91.28**
PK00+000 au PK 03+100	**Rayon de raccordement**	**5000m**	**50.34**
PK03+100 au PK 03+309	**Pente**	**-2.8%**	**208.97**
PK03+309 au PK 03+497	**Rayon de raccordement**	**10000m**	**188.70**
PK03+497 au PK 03+883	**Pente**	**-0.9%**	**385.72**
PK03+883 au PK 04+022	**Rayon de raccordement**	**20000m**	**139.33**
PK04+022 au PK 04+276	**Pente**	**-1.6%**	**253.88**
PK04+276 au PK 04+523	**Rayon de raccordement**	**8000m**	**246.47**
PK04+523 au PK 04+802	**Rampe**	**1.4%**	**279.16**
PK04+802 au PK 04+910	**Rayon de raccordement**	**6000m**	**108.43**
PK04+910 au PK 05+083	**Rampe**	**3.2%**	**172.92**
PK05+083 au PK 05+214	**Rayon de raccordement**	**5000m**	**130.51**
PK05+214 au PK 05+271	**Ouvrage d'art en rampe**	**0.6%**	**44.37**
PK05+271 au PK 05+335	**Rayon de raccordement**	**2000m**	**76.79**
PK05+335 au PK 05+435	**Pente**	**-3.2%**	**100.11**

PK05+435 au PK 05+690	**Rayon de raccordement**	**5000m**	**254.67**
PK05+690 au PK 05+829	**Rampe**	**1.9%**	**171.62**

VIII.4.1. Ouvrages d'art

Le premier ouvrage d'art, positionné entre les PK 2+958 km et 3+049 km avec une pente de -1.8% et mesure environ 100 mètres de long. Le second ouvrage, situé du PK 5+214 km au PK 5+271 km avec une pente de 0.6%, remplace un passage à niveau, améliorant ainsi la continuité et la sécurité de la route.

VIII.5. Coordination du Tracé en Plan et du Profil en Long

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long d'une route est essentielle pour garantir une conduite confortable pour les usagers. Voici quelques points importants à considérer :

- Le tracé en plan se réfère à la disposition horizontale de la route sur le plan. Il prend en compte des éléments tels que les virages, les intersections, les courbes de transition, etc. Un tracé en plan bien conçu est crucial pour assurer une navigation fluide et sécurisée.
- Le profil en long se réfère à la disposition verticale de la route. Il inclut des éléments tels que les pentes, les dénivellations, les rampes, etc. Un profil en long adéquat est nécessaire pour garantir des conditions de conduite confortables et sûres, en minimisant les pentes abruptes et les variations de hauteur excessives.
- Assurer une coordination adéquate entre le tracé en plan et le profil en long implique de garantir que les changements de direction horizontaux (virages) correspondent harmonieusement aux changements de profil vertical (pentes). Cela permet d'offrir aux conducteurs une vue satisfaisante de la route, en plus des conditions de visibilité minimales requises pour assurer la sécurité.

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long vise à fournir aux conducteurs une vue adéquate de la route à tout moment, tout en assurant les conditions de visibilité minimales nécessaires pour anticiper les obstacles, les virages et les autres véhicules.

VIII.6. Conclusion

Ce chapitre a mis en évidence l'application rigoureuse des règles de conception et des spécifications géométriques dans l'élaboration du profil en long du projet, utilisant Autodesk Civil 3D pour une modélisation précise et efficace. La coordination entre le tracé en plan et le profil en long a été essentielle, en particulier pour l'intégration des ouvrages d'art qui améliorent la sécurité et la fluidité du trafic. L'approche intégrée a facilité une conception adaptative, assurant que toutes les modifications s'harmonisent avec les exigences opérationnelles et de sécurité.

Chapitre IX
Profil en travers

IX.1. INTRODUCTION

Après les études du tracé en plan et du profil en long, qui visaient principalement à définir l'évolution de l'axe de la route, nous abordons maintenant le troisième élément essentiel d'un projet routier : le profil en travers. Ce dernier représente une coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Pour faciliter la gestion du grand nombre de profils en travers nécessaires à un projet, un profil en travers type est établi en premier. Ce profil type comprend toutes les dimensions et détails constructifs nécessaires, tels que les largeurs des voies, les pentes des surfaces et des talus, ainsi que les dimensions des couches de la superstructure. Les profils en travers permettent de calculer des paramètres clés tels que la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements, l'emprise du projet sur le terrain naturel, et les cubatures, qui mesurent les volumes de déblais et de remblais.

IX.2. Types de profil en travers

Il existe trois types de profils en travers : Les profils en remblai, en déblai et les profils mixtes.

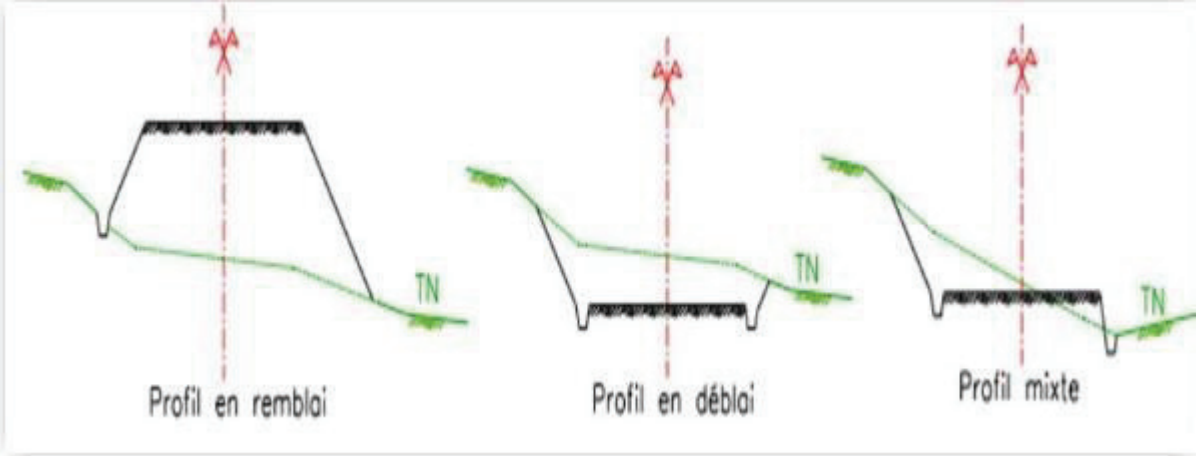


Figure IX - 3 : types du profil en travers

IX.3. Les éléments du profil en travers

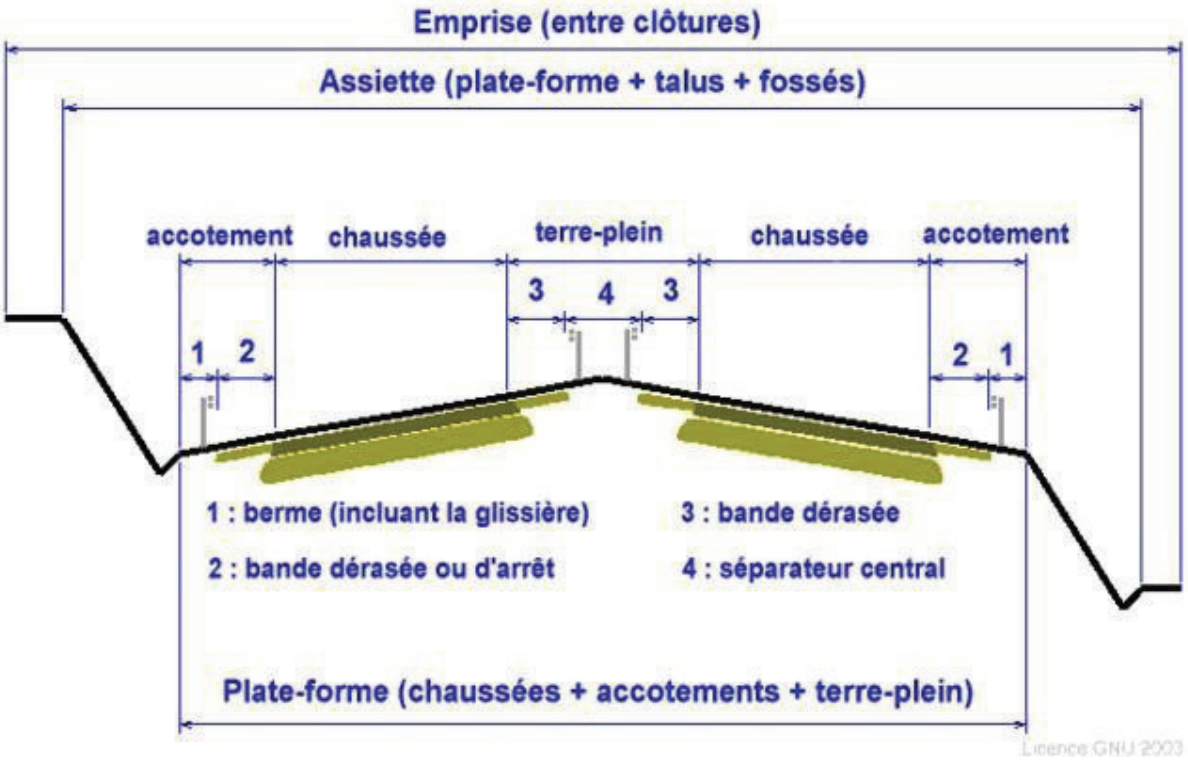


Figure IX - 4 : Les éléments du profil en travers

Chaussée : C'est la section de la route utilisée pour la circulation des véhicules.

Plate-forme : Elle désigne la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblai, incluant la chaussée, les accotements, et parfois les terre-pleins ainsi que les bandes d'arrêt d'urgence.

Assiette : Correspond à la surface totale de la route définie par les limites des terrassements.

Emprise : Désigne la partie du terrain naturel allouée à la route et à ses infrastructures annexes (talus, chemins de service, canaux de drainage, etc.), circonscrite par les limites du domaine public.

Terre-plein central (T.P.C) : Situé entre les limites intérieures des chaussées, il peut inclure des sur largeurs pour la chaussée (bandes de guidage) et une partie centrale qui peut être engazonnée, stabilisée ou pavée.

Accotement : À l'extérieur des zones urbanisées, les accotements sont généralement aplatis. Ils incluent typiquement une bande de guidage, une bande d'arrêt et une berme extérieure.

Fossé : Il s'agit d'un dispositif hydraulique conçu pour recueillir les eaux de ruissellement de la route et des talus, ainsi que les eaux pluviales.

IX.4. Classification du profil en travers

- Profil en travers type
- Profil en travers courant

IX.4.1. Profil en travers type

Le profil en travers type intègre tous les éléments verticaux qui composent une route. Dans notre cas, il inclut la terre-plein central (TPC), la largeur de la chaussée, les accotements, les fossés, et les talus, ainsi que les différentes couches qui constituent la chaussée. Ce profil est essentiel pour détailler la structure complète de la route, permettant ainsi une visualisation précise de tous les composants structurels et fonctionnels nécessaires à la construction routière.

IX.4.2. Profil en travers courant

Le profil en travers courant est un élément essentiel dans les projets, dessiné à des intervalles réguliers (10, 15, 20, 25 m, etc.). Il sert à calculer les volumes de terrassement, communément appelés cubatures.
Dans notre cas, il est conçu à partir d'un projet 3D réalisé avec le logiciel Civil 3D, avec des intervalles réguliers de 25 mètres.

IX.5. Mise en Œuvre dans le Projet

Suite à l'étude de trafic, le profil en travers type sélectionné pour l'évitement comprendra une chaussée unidirectionnelle. Les composants de ce profil en travers type se détaillent comme suit :

- Une chaussée roulable de 2 X 3.5 m de largeur.
- Une bande de guidage 0.50 m
- Terre-plein central TPC de 2.00 m de largeur
- Un accotement de 1.80m
- Pente des accotements de -4.00 %
- Pente des talus en déblais 2/3
- Pente des talus en remblais 2/3

IX.6. Conclusion

En conclusion, ce chapitre nous a permis de déterminer le profil en travers type et, à partir de celui-ci, d'extraire les différents profils en travers courants du tracé tous les 25 mètres. Cette démarche nous a fourni des paramètres cruciaux pour notre étude, tels que les longueurs et les pentes des éléments du profil en travers, ainsi que le calcul des cubatures.

Chapitre X
Etude de stabilité et calcul des cubatures

X.1. INTRODUCTION

Dans le contexte de notre projet, qui implique de grands terrassements, la stabilité des talus est primordiale pour la sécurité de notre évitement. Ce chapitre se focalise sur l'analyse des conditions les plus défavorables qui affectent les talus, tant en situation de déblai qu'en remblai. Nous utilisons le logiciel SLIDE pour modéliser et évaluer leur stabilité, afin de prévenir les risques d'instabilité dans ces scénarios critiques. De plus, pour les cubatures, qui incluent les volumes de déblai et de remblai ainsi que le volume des composants du corps de chaussée, nous avons effectué les calculs à l'aide du logiciel Civil 3D. Ces mesures précises sont essentielles pour planifier et exécuter efficacement les travaux de terrassement tout en assurant la conformité avec les exigences de notre projet.

X.2. Etude de stabilité de talus

Pour l'étude de stabilité, nous avons utilisé le logiciel SLIDE, analysant les cas les plus défavorables pour les talus en remblai et en déblai. Nous avons évalué les paramètres géométriques essentiels du talus—hauteur, largeur, pente, et largeur de la berme—ainsi que les propriétés du sol, incluant la cohésion, l'angle de frottement interne, et la masse volumique

X.2.1. Cas plus défavorable déblai

Nous avons débuté notre analyse de stabilité avec le cas le plus défavorable en déblai, en utilisant le logiciel SLIDE. Cette analyse s'est concentrée sur le talus situé au **PK 1+650**. Les paramètres géométriques de ce talus spécifique incluent une hauteur **H=14m** et une pente de **2/3**, correspondant à un angle d'environ 33°, ainsi qu'une de largeur de berme **L=2m**. Les paramètres du sol, obtenus à partir de l'essai de cisaillement, sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau X - 1 : Propriétés des Sols du Talus en déblai

Nature du sol	Profondeur (m)	Cohésion (kPa)	Angle de frottement interne (°)	Masse volumique (KN/m^3)
Argile limoneuse	0.00 - 1.20 m	25	15	14
Argile marneuse	1.20m - 4.00 m	30	12	14.5
Marne altérée	4.00 m – 14.00 m	35	10	16.5

X.2.1.1. Partie logiciel déblai

Nous avons saisi les propriétés géométriques et les caractéristiques du sol dans le logiciel SLIDE. Ce programme va alors générer une représentation graphique du talus et procéder au calcul du facteur de sécurité. Cette analyse nous permet d'évaluer la stabilité du talus et de déterminer les besoins en renforcement pour assurer la sécurité du projet.
Voici le résultat que nous avons obtenu à partir de l'analyse effectuée avec le logiciel SLIDE pour la partie déblai :

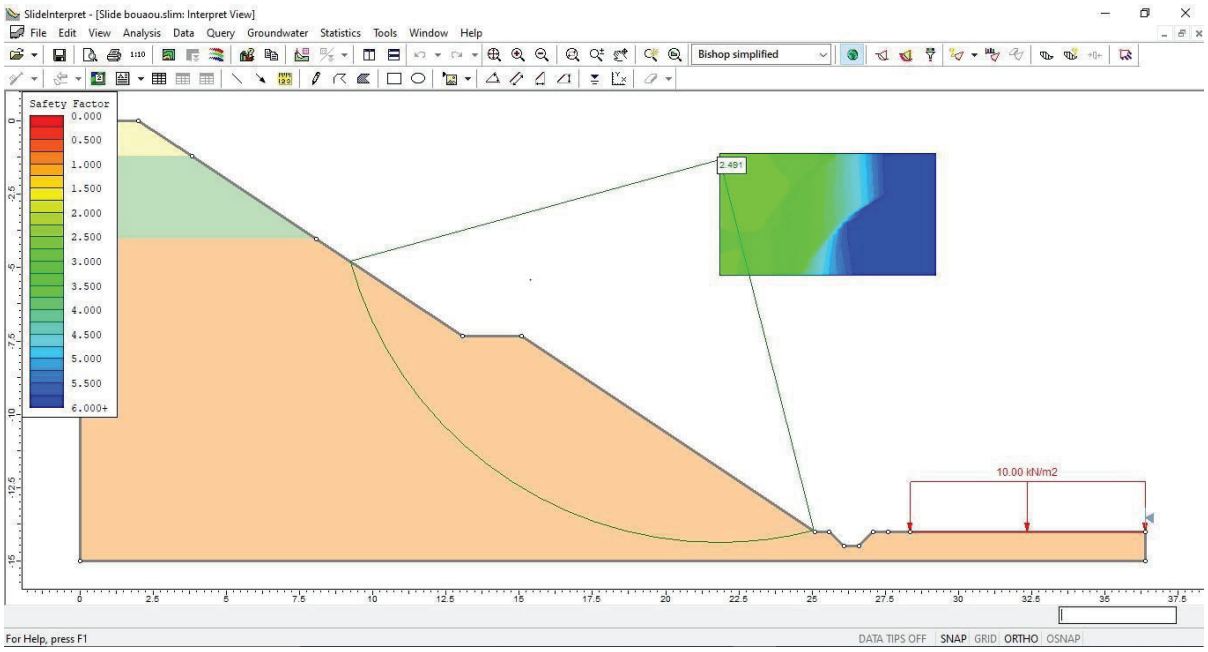


Figure X - 1 : Analyse du Talus en Déblai le Plus Défavorable et Calcul du Facteur de Sécurité - Logiciel SLIDE

Nous avons déterminé une valeur pour le facteur de sécurité de :

$$Fs = 2.5$$

Le facteur de sécurité atteint 2.5, supérieur au seuil recommandé de 1.5, assurant ainsi une bonne stabilité.

X.2.2. Cas plus défavorable remblai

Nous avons poursuivi notre analyse de stabilité en examinant le cas le plus défavorable en remblai, également avec l'aide du logiciel SLIDE. Cette fois, notre attention s'est portée sur le talus situé au **PK 3+150**. Les caractéristiques géométriques de ce talus incluent une hauteur **H=8.75m** et une pente de 2/3, équivalant à un angle d'environ 33°, complétées par une berme de **L=2m**. Les propriétés du sol et du remblai, dérivées des essais de cisaillement, seront exposées dans le tableau suivant :

Tableau X - 2 : Propriétés des Sols du Talus en remblai

Nature du sol	C (kPa)	Angle de frottement interne (°)	Masse volumique (KN/m^3)
Remblai en Tuff	30	35	18
Argile marneuse	30	35	16

X.2.2.1. Partie logiciel remblai

Nous avons intégré les dimensions géométriques et les caractéristiques du sol dans le logiciel SLIDE pour la partie remblai. Le logiciel va ensuite créer une visualisation graphique du talus et calculer le facteur de sécurité correspondant. Grâce à cette modélisation, nous pouvons apprécier la stabilité du talus en remblai et identifier les ajustements nécessaires pour renforcer cette structure et garantir la sécurité de l'ensemble du projet.
Voici le résultat que nous avons obtenu à partir de l'analyse effectuée avec le logiciel SLIDE pour la partie remblai :

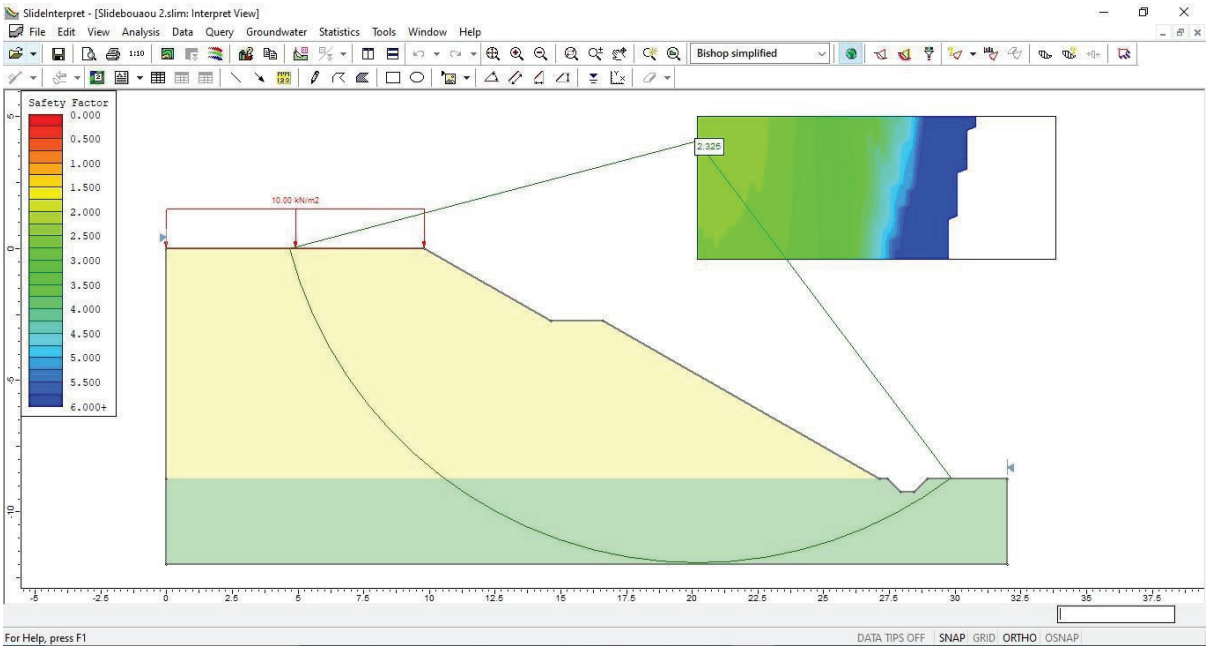


Figure X - 2 : Analyse du Talus en Remblai le Plus Défavorable et Calcul du Facteur de Sécurité - Logiciel SLIDE

Nous avons déterminé une valeur pour le facteur de sécurité de :

$$\boldsymbol{Fs = 2.325}$$

Le facteur de sécurité atteint 2.325, supérieur au seuil recommandé de 1.5, assurant ainsi une bonne stabilité.

X.3. Cubatures

Dans cette section du chapitre, nous abordons le calcul des cubatures, réalisé principalement à l'aide du logiciel Civil 3D. Le processus commence par l'extraction des hauteurs de déblai et de remblai à partir du profil en long. Ensuite, nous élaborons des profils en travers réguliers le long du tracé, ce qui nous permet de déterminer les surfaces correspondantes aux zones de déblai et de remblai, ainsi qu'aux différentes couches constituant le corps de chaussée.

Grâce à ces données de surface, le logiciel Civil 3D calcule les volumes de déblai et de remblai, en prenant également en compte les volumes des couches du corps de chaussée.

Cette méthode automatise et précise les estimations, facilitant ainsi la planification et l'exécution des travaux de terrassement tout en assurant la conformité aux spécifications du projet.

X.3.1. Résultats des Calculs de Cubature du Projet

Volume remblai total : 522011.58 m^3
Volume déblai total : 453667.09 m^3
Volume BB total : 7386.88 m^3
Volume GB total : 25969 m^3
Volume couche de forme total : 86471.71 m^3

NB : Les résultats complets de calcul des cubatures sont joints en annexe

X.4. Conclusion

Notre étude détaillée de la stabilité des talus, aussi bien en déblai qu'en remblai, a démontré une robustesse significative avec des facteurs de sécurité nettement supérieurs aux normes requises. L'emploi du logiciel SLIDE a validé la conception et les méthodes de construction que nous avons choisies, garantissant ainsi une sécurité durable pour l'ensemble du projet. De plus, l'utilisation du logiciel Civil 3D pour les calculs de cubature a permis des estimations précises des volumes nécessaires en déblai et en remblai, ainsi que pour les matériaux du corps de chaussée. Cette précision a été cruciale pour optimiser l'utilisation des ressources et maximiser l'efficacité des travaux de terrassement. Ensemble, ces éléments de modélisation avancée ont joué un rôle clé dans l'assurance de la stabilité et de l'efficience du projet, contribuant ainsi à son succès global

Chapitre XI
Assainissement

XI.1. INTRODUCTION

Ce chapitre est dédié à l'assainissement des infrastructures routières, un élément clé pour la construction et l'entretien des routes. Il s'attache à garantir un drainage optimal des eaux pluviales, crucial pour maintenir la sécurité et l'accessibilité des chaussées. Sur la base des données hydrologiques régionales, une estimation des débits est réalisée pour dimensionner adéquatement les dispositifs d'assainissement nécessaires. Cette démarche inclut également la vérification de leur efficacité afin d'assurer une gestion efficace des eaux de surface.

XI.2. Etude hydrologiques

Cette section est consacrée à l'analyse des eaux superficielles et vise à collecter et exploiter les données nécessaires pour évaluer le débit d'apport de chaque bassin versant en fonction de son écoulement principal. Les informations hydrologiques ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)

XI.2.1. Caractéristiques Morphométriques des Bassins Versants

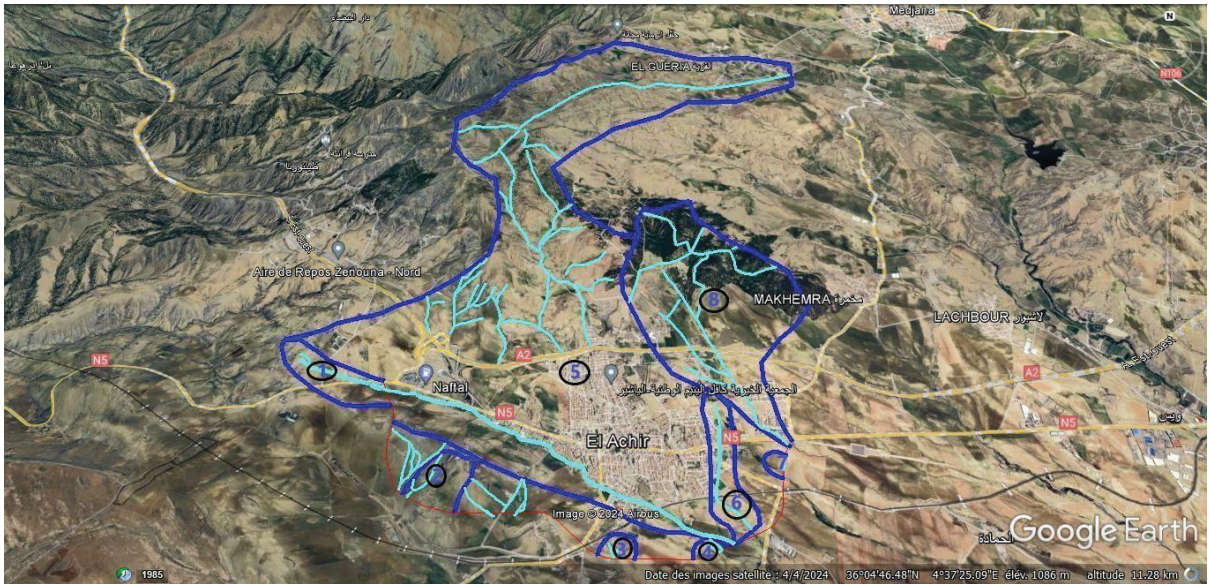


Figure XI - 1 : Carte des 8 bassins versants et de leurs thalwegs

XI.2.1.1. Calcul de Surface, longueur, ΔH,pente

Les caractéristiques des bassins versants sont déterminées à l'aide de divers outils et techniques de modélisation précises. La surface du bassin est calculée en utilisant le logiciel Civil 3D. La longueur du trajet hydraulique principal, qui s'étend du point le plus éloigné jusqu'au point de sortie du bassin, est mesurée grâce aux images satellites et aux cartes disponibles sur Google Earth. La pente est également évaluée à partir des données topographiques fournies par Google Earth.

XI.2.1.2. Temps de concentration (Tc)

Le temps de concentration, qui est le temps maximal que prendrait une goutte d'eau pour parcourir cette distance, est calculé à l'aide de formules empiriques. Ces paramètres sont

essentiels car ils influencent directement le débit de pointe, un critère crucial pour le dimensionnement des infrastructures de gestion des eaux pluviales.

Le temps de concentration représente la durée qu'il faut à une goutte d'eau pour parcourir le trajet depuis le point le plus haut du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Ce paramètre est défini par les formules suivantes :

Formule de Kirpich

$$Tc = 0.0195 \times L^{0.77} \times P^{-0.385}$$

Formule Californienne

$$Tc = 60 \times 0.1452 \times (\frac{L}{P^{0.5}})^{0.77}$$

Formule Espagnole

$$Tc = 60 \times 0.3 \times (\frac{L}{P^{0.25}})^{0.77}$$

Formule de Turazza

$$Tc = 60 \times 0.108 \times (S \times L)^{0.333} \times P^{-0.5}$$

Formule Ventura

$$Tc = 76.3 \times (\frac{S}{P})^{0.5}$$

Paramètres à Prendre en Compte pour les formules de temps de concentration :

Tc : temps de concentration en minute
L : longueur du bassin versant
P : pente moyenne en m/m
S : surface du bassin versant en Km^2
P (Ventura) : pente moyenne en %

Tableau Récapitulatif des Temps de Concentration Calculés Selon les Formules Précédentes :

Tableau XI - 1 : Valeurs des temps de concentration

BV	Surface (Km²)	L (Km)	DH (m)	P (%)	Tc (min)					
					Kirpich	Calif-ornien	Espagnole	Turazza	Ventura	Adopté
1	0.46	1	30	3	15.36	33.61	35.35	28.89	29.89	**28.62**
2	0.23	0.6	67	10.6	6.73	14.73	19.71	10.69	11.48	**12.67**
3	0.07	0.2	7	3.1	4.88	10.67	11.27	9.23	11.34	**9.48**
4	0.05	0.2	11	4.8	4.08	8.92	10.29	6.49	7.51	**7.46**
5	14.79	7.8	292	3.7	69.40	151.86	166.38	164.1	152.4	**140.8**
6	0.43	1.6	36	2.2	25.17	55.08	54.63	38.59	33.48	**41.39**
7	0.05	0.2	10	4.6	4.01	8.78	10.04	6.56	7.71	**7.42**
8	3.44	3.3	135	4.1	34.06	74.52	83.27	71.76	69.88	**66.70**

XI.3. Etude Hydraulique

XI.3.1. Le débit du projet du bassin versant

Le débit d'apport pour chaque bassin versant sera déterminé en utilisant diverses méthodes adaptées en fonction de la surface spécifique de chaque bassin. Parmi les méthodes employées, on trouve la méthode rationnelle, MAC-MATH, Burklier-Ziegler, Mallet-Gauthier. Chaque méthode sera appliquée selon les caractéristiques particulières du bassin versant concerner, permettant ainsi de dimensionner de manière optimale le réseau d'assainissement nécessaire.

XI.3.1.1. Méthode rationnelle

Nous débutons l'analyse du débit d'apport des bassins versants en utilisant la méthode rationnelle, qui est couramment appliquée pour estimer le débit de pointe des petits bassins versants après des précipitations spécifiques. Pour illustrer l'application de cette méthode, un tableau récapitulatif est fourni ci-dessous. Ce tableau comprend tous les calculs nécessaires pour déterminer le débit pour notre période de retour choisie.

Formule de la méthode rationnelle :

$$Q_T = \frac{C_r \times I(tc, T) \times A}{3.6}$$

Ce tableau présente les débits calculés pour les différents bassins versants analysés :

Tableau XI - 2 : Débits calculés avec la méthode rationnelle

BV	AIRE Km²	Coefficient de ruissellement	L Km	DH m	P %	Tc min	I10 mm/h	Q10 m3/s	Q100 m3/s
1	0.46	0.34	1.00	30	3.0	28.62	2.27	**0.1**	**0.16**
2	0.24	0.34	0.64	67	10.5	12.67	3.8	**0.08**	**0.13**
3	0.07	0.34	0.23	7	3.1	9.48	4.56	**0.03**	**0.05**
4	0.05	0.36	0.23	11	4.8	7.46	5.30	**0.02**	**0.04**

5	14.79	0.27	7.88	292	3.7	140.85	0.83	**-**	**-**
6	0.43	0.36	1.63	36	2.2	41.39	1.8	**0.08**	**0.12**
7	0.05	0.36	0.22	10	4.6	7.42	5.32	**0.02**	**0.04**
8	3.44	0.33	3.29	135	4.1	66.70	1.33	**0.42**	**0.67**

Paramètres à Prendre en Compte pour la Méthode Rationnelle :

Q_T : Débit en m3/s correspondant à la période de retour T
T : période de retour
A : Surface en km^2
C_r : Coefficient de ruissellement calculé suivant la table usuelle
I (Tc, T) : Intensité de pluie en mm/h
Tc : Temps de concentration en min

XI.3.1.1.1. Détermination des Intensités de Pluie

Les intensités de pluie, utilisées pour estimer les débits de récurrence centennale Q100 via la formule rationnelle, sont calculées selon la formule de Montana :

$$I = a \times Tc^{-b}$$

Où :

I : Intensité de pluie pour une durée égale au temps de concentration exprimée (en mm/h)
T_C : Période de retour exprimée (en années)
« a » et « b » : paramètres de Montana qui dépendent de la région

Paramètres de Montana (a et b) pour la ville d'El Achir

Tableau XI - 3 : Valeurs a et b de la formule de Montana

T	**2**	**10**	**20**	**50**	**100**
A	14,8	**18,80**	21,5	27,3	29,8
B	0,63	**0,63**	0,63	0,63	0,63

XI.3.1.1.2. Coefficient de ruissellement :

Le B. H. M donne les valeurs suivantes :

- Terrains perméables avec c1 = 0.30
- Terrains moyennement perméables avec c1 = 0.35
- Terrains imperméables avec c1 = 0.40

Mais avec l'utilisation des facteurs correctifs tels que :

VEGETATION :
- Sol dénude et terrains rocheux k1= 1.75
- Champs de labour et brousses k1= 1.00

- Foret et terrains sablonneux k1 = 0.60

PENTE DU TERRAIN :

- Quand i <= 5% alors k2= 1.00
- Quand i = 1 -10% alors k2= 1.25
- Quand i >= 10% alors k2= 1.50

SUPERFICIE :

- Quand S <= 1 km2 alors k3= 1.00
- Quand S=1-5 km2 alors k3= 0.90
- Quand S>= 5 km2 alors k3 = 0.75

Les valeurs des coefficients de ruissellement sont calculées par ordinateur et se trouvent dans le tableau récapitulatif.

Avec la loi : c = c1×k1× k2× k3

Valeurs des coefficients de ruissèlements obtenues :

Tableau XI - 4 : Valeurs des coefficients de ruissèlements

BV	C1	K1	K2	K3	C
1	0,31	1.11	1	1	**0,34**
2	0,31	1.11	1	1	**0,34**
3	0,31	1.11	1	1	**0,34**
4	0,31	1,15	1	1	**0,36**
5	0,31	1,15	1	0,75	**0,27**
6	0,31	1,15	1	1	**0,36**
7	0,31	1,15	1	1	**0,36**
8	0,31	1,15	1	0,9	**0,33**

XI.3.1.1.3. Période de retour T

La période de retour T est un critère essentiel dans la planification des infrastructures d'assainissement, variant généralement entre 2, 10, 20, 50, et 100 ans pour refléter la fréquence d'un événement pluvieux d'intensité donnée. Pour notre projet routier, une période de retour de 10 ans a été sélectionnée.

XI.3.1.2. Méthode MAC-MATH

Passons maintenant à la deuxième méthode de calcul, qui est la méthode MAC-MATH. Cette technique est également utilisée pour évaluer le débit d'apport des bassins versants, mais avec une approche différente de la méthode rationnelle, permettant de traiter des cas plus complexes ou différents types de données hydrologiques.

Formule de la méthode MAC-MATH :

$$Q=K \times P \times I^{0,42} \times A^{0,58}$$

Tableau XI - 5 : Débits calculés avec la méthode MAC-MATH

BV	Surface (Ha)	K	P24h (mm)	Pente (mm/m)	Q1O (L/s)	Q1O (m3/s)
1	46.00	0.3	63	30.00	726.53	**0.73**
2	23.70	0.3	63	104.69	835.93	**0.84**
3	6.78	0.3	63	30.70	241.65	**0.24**
4	4.69	0.3	63	48.46	236.37	**0.24**
5	1479.00	0.3	63	37.06	-	**-**
6	42.50	0.3	63	22.09	610.18	**0.61**
7	4.70	0.3	63	46.08	231.72	**0.23**
8	344.00	0.3	63	41.03	-	**-**

Paramètres à Prendre en Compte pour la Méthode MAC-MATH :

Q : Débit à évacuer en L/s
A : Surface du bassin versant en Ha
I : pente moyenne du bassin versant en mm/m
P : Hauteur de pluie maximale tombée en 24h sur le bassin versant
K : Coefficient dépendant de la topographie du bassin versant

XI.3.1.2.1. PLUIE DECENNALE DE 24 HEURES

Les précipitations pluviométriques sont calculées comme valeurs moyennes à partir des données de la plus proche station pluviométrique D.E.M.R.H

Station Ras El Oued a donné H (10/24) = 59 mm
P24h maximal (mm)= 63 mm

Avec : H (10/24) = pluie décennale de 24 heure en mm

XI.3.1.3. Méthode Burklier-Ziegler

Nous allons maintenant examiner la méthode Burklier-Ziegler, une autre approche utilisée pour calculer les débits des bassins versants

Formule de la méthode Burklier-Ziegler :

$$Q = 0{,}0039 \, C \, H_{1h} \, A^{0{,}75} \, P^{0{,}25}$$

Tableau XI - 6 : Débits calculés avec la méthode Burklier-Ziegler

BV	AIRE (Ha)	Coefficient de ruissellement	H1 (mm)	Pente (mm/m)	H2 (mm)	Q1O (m3/s)	Q100 (m3/s)
1	46,00	0,34	1,43	30,00	2,26	0,08	0,12
2	23,70	0,34	1,43	104,69	2,26	0,06	0,10
3	6,78	0,34	1,43	30,70	2,26	0,02	0,03
4	4,69	0,36	1,43	48,46	2,26	0,02	0,03
5	1479,00	0,27	1,43	37,06	2,26	-	-
6	42,50	0,36	1,43	22,09	2,26	0,07	0,11
7	4,70	0,36	1,43	46,08	2,26	0,02	0,03
8	344,00	0,33	1,43	41,03	2,26	0,36	0,59

Paramètres à Prendre en Compte pour la méthode Burklier-Ziegler :

Q : Débit de pointe en m^3/s
H_{1h} : Précipitation maximale en 1h en mm, $H_{1h}=a\times60^{-b}$
A : Surface du bassin versant en Ha
C : Coefficient de ruissèlement
P : pente moyenne du bassin versant en mm/m

XI.3.1.3.1. Calcul de H_{1h}

$H_{1h}=18,8\times60^{-0,63}= 1,43$ mm

XI.3.1.4. Méthode Mallet-Gauthier

Ensuite, nous explorerons la méthode Mallet-Gauthier, spécialement conçue pour estimer les débits des bassins versants ayant une superficie supérieure à 10 km². Cette méthode est reconnue pour son efficacité dans le traitement de grands bassins, offrant des estimations précises et adaptées aux caractéristiques hydrologiques spécifiques de ces zones étendues. Pour notre étude, nous appliquerons cette méthode au bassin versant numéro 5.

Formule de la méthode Mallet-Gauthier :

$$Q_T = 2 \cdot K \cdot \log(1 + a \cdot h) \cdot \frac{A}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \log T - \log A}$$

Tableau XI - 7 : Débits calculés avec la méthode Mallet-Gauthier

BV	AIRE (Km2)	L (Km)	Pluie annuelle (mm)	K	a	T	Q1O (m3/s)	T	Q100 (m3/s)
5	14.79	7.88	63	2.00	20.00	10.00	14.61	100	20.88

Paramètres à Prendre en Compte pour la méthode Mallet-Gauthier :

Q_T : Débit décennal en m3/s
h : Hauteur moyenne annuelle en pluie en m
A : superficie du bassin versant en Km^2
L : Longueur du drain principal en Km
T : Période de retour
K : Coefficient de ruissellement variant de 0.5 à 5 (K=2)
A : Coefficient variant de 20 à 30 (a=20)

XI.3.2. Débit adopté

Pour résumer, nous allons compiler et récapituler les débits calculés pour chaque bassin versant en utilisant les différentes méthodes abordées. Cette analyse comparative permettra de dégager une vue d'ensemble des comportements hydriques de chaque bassin. Sur cette base, nous choisirons pour chaque bassin le débit le plus approprié, en considérant ses caractéristiques particulières et les exigences de gestion des eaux. Le débit maximal parmi ceux calculés sera sélectionné pour garantir une conception optimale des infrastructures de gestion des eaux

XI.3.2.1. Tableau récapitulatif Q_{10}

Tableau XI - 8 : Récapitulatif Q10

BV	S (Km2)	Rationnelle (m3/S)	Mac-Math (m3/S)	Burklier-Ziegler (m3/S)	Mallet-gauthier (m3/S)	Débit Adopté (m3/S)
1	0.46	0.1	0.73	0.08	-	**0.73**
2	0.24	0.08	0.84	0.06	-	**0.84**
3	0.07	0.03	0.24	0.02	-	**0.24**
4	0.05	0.02	0.24	0.02	-	**0.24**
5	14.79	-	-	-	14.61	14.61
6	0.43	0.08	0.61	0.07	-	**0.61**
7	0.05	0.02	0.23	0.02	-	**0.23**
8	3.44	0.42	-	0.37	-	0.42

XI.3.2.2. Tableau récapitulatif Q_{100}

Tableau XI - 9 : récapitulatif Q100

BV	S (Km2)	Rationnelle (m3/S)	Mac-Math (m3/S)	Burklier-Ziegler (m3/S)	Mallet-gauthier (m3/S)	Débit Adopté (m3/S)
1	0.46	0.16	0.73	0.12	-	0.73
2	0.24	0.13	0.84	0.10	-	0.84
3	0.07	0.05	0.24	0.03	-	0.24
4	0.05	0.04	0.24	0.03	-	0.24
5	14.79	-	-	-	20.88	**20.88**
6	0.43	0.12	0.61	0.11	-	0.61
7	0.05	0.04	0.23	0.03	-	0.23
8	3.44	0.67	-	0.59	-	**0.67**

Paramètres à Prendre en Compte pour choix du débit adopté :

Tableau XI - 10 : Paramètres du Choix de la méthode de calcul du débit

Formules	S<=1 km^2	1 km^2<S<10 km^2	10 km^2<S<25 km^2	S>25 km^2
Mac-Math	Oui	-	-	-
Bürkli-Ziegler	Oui	Oui	-	-
Rationnelle	Oui	Oui	Oui	-
Mallet-Gauthier	-	-	Oui	Oui

XI.3.3. Prédimensionnement des ouvrages hydraulique

Le prédimensionnement des ouvrages hydrauliques, tels que les buses et les dalots, est réalisé en comparant deux types de débits : les débits calculés pour une période de retour de 100 ans et les débits critiques obtenus par la méthode Delorme. Cette comparaison est cruciale pour déterminer l'ouvrage le plus adapté aux conditions spécifiques de chaque site.
Pour les buses et les dalots, la méthode Delorme permet de calculer le débit critique, qui est le débit maximal que l'ouvrage peut supporter sans risque de submersion ou de débordement significatif. En évaluant les débits pour une période de retour centennale face à ces débits critiques, nous pouvons choisir l'ouvrage hydraulique le plus sécuritaire et le plus efficace, assurant ainsi une protection optimale contre les risques hydrologiques.

XI.3.3.1. Méthode Delorme

La méthode Delorme est une technique utilisée pour déterminer les débits critiques dans les buses et les dalots. Voici la formule associée :

$$Qc = 2{,}464 \times R \times H^{1,5} \text{ pour les buses,}$$

$$Qc = 1{,}50 \times L \times H^{4/3} \text{ pour les dalots.}$$

Qc = débit critique évacué en m^3/s

R = rayon des buses en m

L = ouverture droite des dalots en m

H = hauteur des piédroits sous dalles pour les dalots en m, diamètre intérieur pour les buses en m.

Figure XI - 2 : Méthode Delorme

Q_C buse (1000 mm) = 1.23 m3/s

Q_C dalot (3m×2m) = 11.34 m3/s

XI.3.3.2. Prédimensionnement des dalots

Voici un tableau qui présente les résultats de prédimensionnement pour le bassin versant 5 :

Tableau XI - 11 : Prédimensionnement du dalot

Tableau des dalots								
BV	**Emplacement**	**Q100 (m3/s)**	**Dimension De l'ouvrage**				**Débit Critique (m3/s)**	**Nombre de cellules**
5	PK 3+800	10,44	Dalot	3,00	x	2,00	11,34	2

Pour le bassin versant 5, avec un débit de 20,88 m³/s, il est prévu de construire un dalot à deux cellules. Les dimensions proposées pour ce dalot sont les suivantes :

$$\mathbf{2 \times 300 \times 200}$$

XI.3.3.3. Prédimensionnement des buses

Voici un tableau qui présente les résultats de prédimensionnement pour les autres bassins versants :

Tableau XI - 12 : Prédimensionnement des buses

Tableau des buses							
BV	**Emplacement**	**Q100 (m3/s)**	**Dimension De l'ouvrage**			**Débit Critique (m3/s)**	**Nombres de cellules**
1	PK 0+500	0,73	Buse	Ø	1000	1,23	1
2	PK 1+500	0,84	Buse	Ø	1000	1,23	1
3	PK 2+200	0,24	Buse	Ø	1000	1,23	1
4	PK 3+150	0,24	Buse	Ø	1000	1,23	1
6	PK 4+300	0,61	Buse	Ø	1000	1,23	1
7	PK 5+375	0,23	Buse	Ø	1000	1,23	1
8	PK 5+800	0,67	Buse	Ø	1000	1,23	1

Pour les bassins versants 1, 2, 3, 4, 6, 7, et 8, il est prévu de construire des buses avec une seule cellule. La dimension proposée pour ces buses est la suivante :

Ø1000

XI.3.3.4. Vérification des conditions d'auto-curage

Les contraintes pour le positionnement des canalisations d'eaux pluviales incluent :

Un diamètre minimum de 300 mm pour minimiser les risques d'obstruction.
Une pente minimum de 0,003 m/m pour assurer un écoulement adéquat.

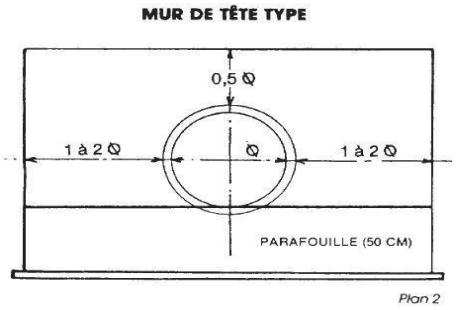


Figure XI - 3 : Mur de tête type

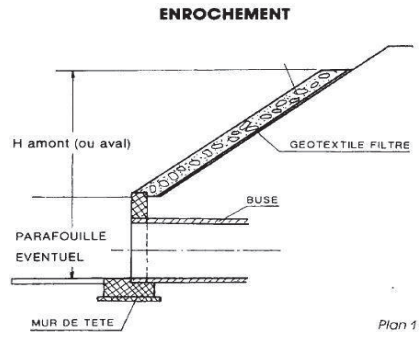


Figure XI - 4 : Schéma technique d'un enrochement avec buse et géotextile filtrant

- **Couverture Minimale** : La couverture de la canalisation doit être d'au moins 80 cm. Si cette profondeur n'est pas atteignable, une dalle de répartition doit être installée au-dessus de la canalisation pour protéger celle-ci contre l'écrasement sous les charges roulantes.

- **Regards de Visite** : Des regards de visite doivent être installés tous les 80 mètres au maximum pour faciliter l'hydrocurage des réseaux ou une inspection par caméra. Un regard doit également être placé à chaque changement de pente ou de direction pour un accès facilité et une maintenance efficace.

- **Vitesse Maximale** : La vitesse de l'eau dans les canalisations ne doit pas excéder 4 m/s pour éviter l'abrasion des tuyaux. Si cette vitesse risque d'être dépassée, il est recommandé d'utiliser des matériaux plus résistants comme la fonte ou le polyéthylène à haute densité.

Il est important de contrôler la vitesse de l'eau dans les canalisations, surtout lors des débits de pointe, pour garantir l'intégrité du système et éviter des dommages prématurés.

Conditions d'auto-curage :

Pour 10% du débit à pleine section (QPS) :

- V(Q/Qps) ≥ 0,60 m/s.
- Lorsque r_q=Q/QPS= 0,1 ; r_v=V/VPS=0,64 donc on vérifiera que VPS ≥ 1 m/s. Il faut donc vérifier que VPS ≥ 1 m/s

Pour 1% du débit à pleine section :

- V(Q/Qps) ≥ 0,30 m/s

Ces limites sont respectées avec des vitesses à pleine section de 1 m/s dans les canalisations circulaires et 0,90 m/s dans les ovoïdes.

XI.3.3.4.1. Vérifications des buses

Cette vérification est réalisée pour les buses de **1000 mm** avec une pente de **-1%.**

Tableau XI - 13 : Vérifications des conditions d'autocurage pour les buses

BV	Q dim. (m3/s)	Qps (m3/s)	Vps (m/s)	Rq	Rh	V(Q/Qps) = 0.1	V(Q/Qps) = 0.01
1	0,73	2,182	2,78	0,3346	0,399	1,78	0,91
2	0,84	2,182	2,78	0,3850	0,43	1,78	0,91
3	0,24	2,182	2,78	0,1100	0,224	1,78	0,91
4	0,24	2,182	2,78	0,1100	0,224	1,78	0,91
6	0,61	2,182	2,78	0,2796	0,362	1,78	0,91
7	0,23	2,182	2,78	0,1054	0,219	1,78	0,91
8	0,67	2,182	2,78	0,3071	0,381	1,78	0,91

D'après le tableau, nous pouvons conclure que les conditions d'auto-curage mentionnées précédemment sont vérifiées.

XI.3.3.4.2. Vérification du dalot

Tableau XI - 14 : Vérifications des conditions d'autocurage pour le dalot

Q100	Ouvrage	H	B	Sm	Pm	Rh	Vps	Qps	Vérification (0,1)	Vérification (0,01)
20,88	Dalot	3	2	9,6	17,6	0,545	3,304	31,722	2,148	1,057

Selon les données du tableau, il est possible de conclure que les conditions nécessaires à l'auto-curage du dalot sont respectées.

XI.4.4. Dimensionnement des fossés

Le dimensionnement est effectué en prenant en compte les scénarios les plus défavorables, notamment dans les cas de grand remblai et de grand déblai.

XI.4.4.1. Cas de Déblai

Pour le cas de déblai, nous avons sélectionné le talus en déblai présentant la plus grande surface et la plus haute élévation, situé dans la première partie du projet avant le premier ouvrage d'art. Nous avons procédé au calcul de divers paramètres des éléments de la plateforme où se trouve ce talus pour calculer le débit total

XI.4.4.1.1. Calcul de débit d'apport

Tableau XI - 15 : Débit d'apport en deblai

B.V	S (m^2)	Pente (%)	Tc (h)	I (mm/h)	C	Q (m^3/s)	Q_{tot} (m^3/s)
Talus	22392	66.7	0.023	200.95	0.30	0.5	**0.664**
Chaussée	3850	2.5	0.050	124.36	0.95	0.093	
Berme	4153.89	2	0.058	113.18	0.40	0.052	
Accotement	990	4	0.020	221.2	0.30	0.018	

Les paramètres listés dans le tableau sont détaillés ci-dessous :

S : Surface des éléments de la plateforme en m^3
Pente : la pente des éléments de la plateforme en %
T_c : Temps de concentration calculée avec la formule :

$$T_C = 0.127\sqrt{\frac{S}{Pente}}$$

Intensité de pluie en mm/h calculée avec la formule de montana :

$$I = a \times Tc^{-b}$$

C : coefficient de ruissellement

Q : Débit en m^3/s calculée avec la formule suivante :

$$Q = 0.278 \times C \times I \times S$$

Q_{tot} : Le débit total apporté par ces plateformes avec la formule suivante :

$$Q_{tot} = Q_{Talus} + Q_{Berme} + Q_{Chaussée} + Q_{Accotement}$$

On obtient une valeur de Q_{tot} :

$$Q_{tot} = 0.664\ m^3/s$$

XI.4.4.1.2. Débit de saturation des fossés

Tableau XI - 16 : Débit de saturation cas déblai

I (m/m)	Z	B (m)	H (m)	S_m (m^2)	P_m (m)	R_H (m)	Ks	Q_S (m^3/s)
0.02	1	0.5	0.5	0.5	1.9	0.261	70	**2.023**

Les paramètres du tableau sont détaillés ci-dessous :

I : La pente de fossé en m/m
B : Base du fossé en m
H : Hauteur du fossé en m
S_m : Surface mouillée en m^2 calculée avec la formule suivante :

$$S_m = (b + m \times h) \times h$$

P_m : Périmètre mouillée en m calculée avec la formule suivante :

$$P_m = b + 2 \times h \times \sqrt{(1 + m^2)}$$

R_H : Rayon hydraulique en m calculée avec la formule suivante :

$$R_H = \frac{S_m}{P_m}$$

Ks : Coefficient de rugosité pour le béton ça valeur est de 70

Qs qui est le débit de saturation et ce calcul se fait à base de cette formule :

$$\boldsymbol{Qs} = K_s \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

XI.4.4.1.3. Vérification

$$Q_S > Q_{tot}$$

$$2.023\ m^3/s > 0.664\ m^3/s$$

La condition est vérifiée

XI.4.4.2. Cas de remblai

Pour le cas de remblai, nous avons choisi le talus présentant la plus grande surface et la plus haute élévation, situé dans la deuxième partie du projet après le deuxième carrefour. Nous avons également calculé divers paramètres des éléments de la plateforme où se trouve ce talus, afin de déterminer le débit total.

XI.4.4.2.1. Calcul de débit d'apport

Tableau XI - 17 : Débit d'apport en remblai

B.V	S (m^2)	Pente (%)	Tc (h)	I (mm/h)	C	Q (m^3/s)	Q_{tot} (m^3/s)
Talus	10230	66.7	0.016	257.18	0.30	0.293	**0.423**
Chaussée	3850	2.5	0.05	128.36	0.95	0.093	
Berme	974.84	2	0.028	178.67	0.40	0.019	
Accotement	990	4	0.02	221.2	0.30	0.018	

XI.4.4.2.2. Débit de saturation des fossés

Tableau XI - 18 : Débit de saturation en cas remblai

I (m/m)	Z	B (m)	H (m)	S_m (m^2)	P_m (m)	R_H (m)	Ks	Q_S (m^3/s)
0.02	1	0.5	0.5	0.5	1.9	0.261	70	**2.023**

XI.4.4.2.3. Vérification

$$Q_S > Q_{tot}$$

$$2.023\ m^3/s > 0.423\ m^3/s$$

La condition est vérifiée

XI.4.4.3. Choix du type de fossé

Le type de fossé adopté pour notre projet :

B = 0.5 m, H = 0.5 m, Z = 1 m.

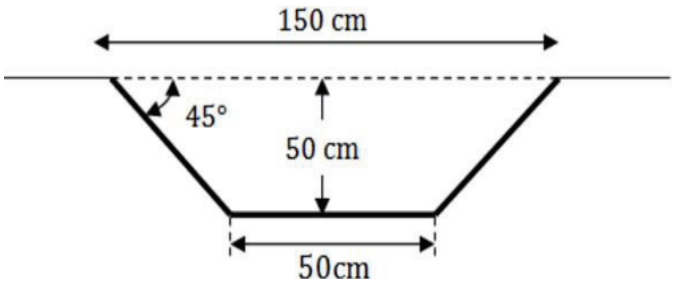


Figure - 5 : fossé a adopté

XI.5. Érosion du fond des cours d'eau

Les cours d'eau sont des systèmes dynamiques qui jouent un rôle crucial dans le transport de l'eau et des sédiments. Ces processus influencent directement la géomorphologie des cours d'eau. Dans les sections amont, où les pentes sont généralement plus raides, les vitesses d'écoulement sont élevées. Cette situation conduit souvent à une érosion accrue, car la capacité de transport des sédiments par le cours d'eau dépasse souvent les apports sédimentaires de l'amont. En conséquence, le lit du cours d'eau tend à s'approfondir, et le cours d'eau peut devenir incisé et raviné. Cette phase de dégradation nécessite l'implémentation de mesures de protection pour prévenir l'aggravation de l'érosion.
Pour contrer ce phénomène, divers systèmes de protection sont mis en place, tels que le renforcement des berges, la mise en œuvre de structures de contrôle de l'érosion comme les seuils et les enrochements, et la végétalisation des berges pour stabiliser le sol et réduire l'impact de l'écoulement sur le terrain. Ces interventions visent à rétablir un équilibre entre l'apport et le transport des sédiments, préservant ainsi l'intégrité et la stabilité des cours d'eau.

XI.5.1. Systèmes de Protection des Cours d'Eau

Le projet d'aménagement d'un cours d'eau vise principalement à augmenter sa capacité ou à corriger des problèmes de dégradation.

Principes de base :

- Assurer une section d'écoulement suffisante pour le transit des eaux.
- Prévenir l'érosion et les dépôts au fond et sur les talus.
- Vérifier et maintenir la stabilité des talus.
- Minimiser les coûts de construction et d'entretien.

Protection contre les érosions :

Érosion verticale :

- Mise en place de couches de pavage artificielles telles que des revêtements ou de gros blocs, et installation de rampes de blocs pour protéger le fond des cours d'eau.

Érosion latérale :

- Utilisation d'enrochements et construction de murs de protection pour sécuriser les berges contre l'érosion latérale.

Ces systèmes de protection sont essentiels pour maintenir l'intégrité structurelle des cours d'eau et pour garantir leur fonctionnement efficace et durable face aux défis naturels et anthropiques.

XI.6. Conclusion

Ce chapitre a couvert l'analyse des caractéristiques des bassins versants, l'utilisation de diverses méthodes pour calculer les débits, ainsi que le prédimensionnement et la vérification des ouvrages hydrauliques. Ces étapes ont permis d'assurer une gestion efficace des eaux pluviales et de renforcer la protection contre les inondations et l'érosion. Cette approche rigoureuse garantit que les infrastructures d'assainissement sont adaptées aux spécificités de chaque site, contribuant à la durabilité et à la sécurité du système d'assainissement.

Chapitre XII
Etude de carrefour giratoire

XII.1. INTRODUCTION

Les carrefours jouent un rôle essentiel dans la gestion et l'organisation de la circulation routière au sein des réseaux de transport urbains et interurbains. Ils constituent les points de rencontre où se croisent plusieurs voies de circulation, permettant aux véhicules et aux piétons de changer de direction ou de continuer leur route. Les carrefours peuvent varier en complexité et en forme, allant des simples intersections à quatre voies aux ronds-points complexes.
Dans ce chapitre, nous allons étudier les trois carrefours présents dans notre évitement. Chacun de ces carrefours a été conçu pour répondre à des besoins spécifiques de gestion du trafic et de sécurité, et leur analyse nous permettra de comprendre comment ils contribuent à l'efficacité globale du réseau de transport.

XII.2. Types de carrefour

Les principaux types de carrefour sont :
Carrefour a trois branches en T
Carrefour a trois branches en Y
Carrefour a quatre branches en croix
Carrefour a quatre branches de type giratoire

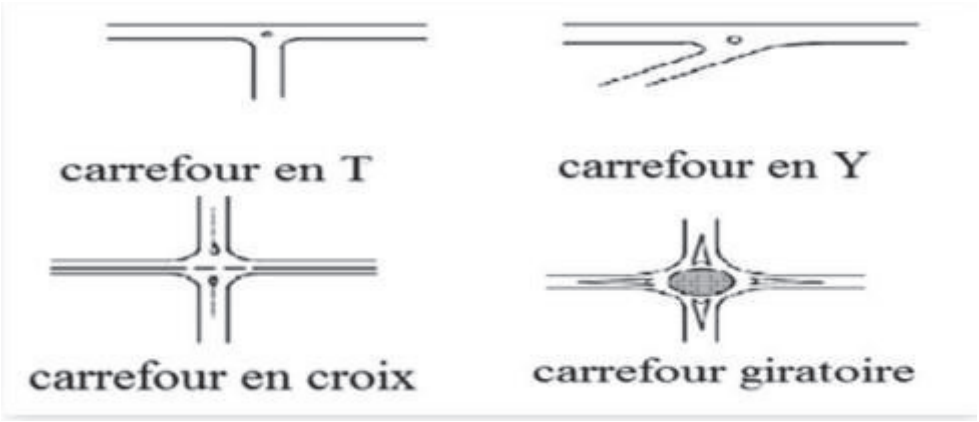


Figure XII - 1 : Types de carrefour

Dans notre cas, nous allons utiliser deux types de carrefours : le premier et deuxième carrefour seront à 3 branches avec un giratoire, tandis que le troisième carrefour sera à 4 branches, également avec un giratoire

XII.3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale
- Assurer une bonne visibilité de carrefour
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales
- Eviter l'implantation sur des pentes supérieure à 6 %

- Des dispositions géométriques et environnementales incitant l'usager à adopter une vitesse d'approche compatible avec le type d'aménagement abordé et le régime de priorité, Un environnement favorable à une bonne lisibilité.

XII.4. Aménagement des carrefours

Pour optimiser la circulation au sein de notre évitement, l'aménagement de trois carrefours s'est avéré nécessaire. Ces carrefours ont été conçus conformément à la norme FHWA 2010. Les détails sur les carrefours et leurs paramètres géométriques sont présentés ci-dessous :

XII.4.1. Premier carrefour

Le premier carrefour giratoire du projet est situé au point kilométrique PK 00+000. Ce giratoire à trois branches se trouve à l'intersection de la RN5 et de l'évitement. Deux des branches permettent l'accès aux deux directions de la RN5, tandis que la troisième branche mène vers l'évitement.

Tableau XII - 1 : Paramètres des branches du premier carrefour

Branches	Direction	Rayon d'entrée m	Rayon de sortie m	Largeur d'entrée m
Branche 1	RN 5 Ouest	33.38	45.0	7.86
Branche 2	RN 5 Est	32.34	45.0	8.26
Branche 3	Evitement Sud-Est	14.12	30.0	11.74

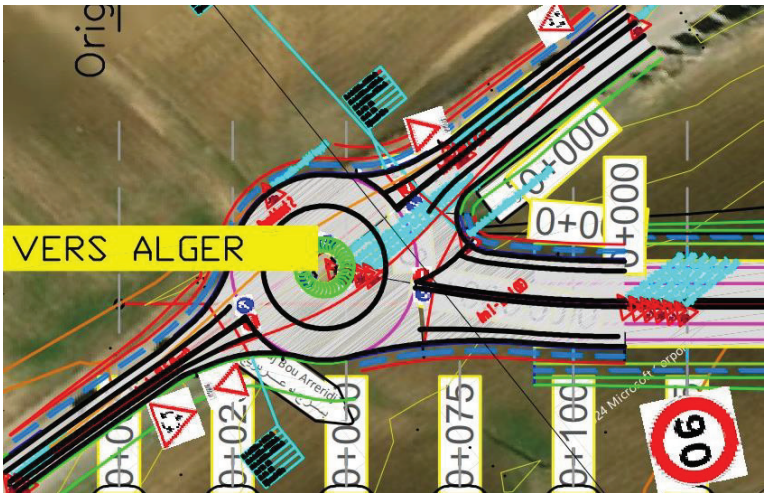


Figure XII - 2 : Vue en plan sur le premier carrefour

XII.4.2. Deuxième carrefour

Le deuxième giratoire est situé au point kilométrique PK 04+750. Ce giratoire à trois branches se trouve à l'intersection de l'évitement et du CW1. Deux branches facilitent l'accès dans les deux directions de l'évitement, tandis que la troisième branche conduit vers le CW1, en direction de la ville d'El Ksour.

Tableau XII - 2 : Paramètres des branches du deuxième carrefour

Branches	Direction	Rayon d'entrée m	Rayon de sortie m	Largeur d'entrée m
Branche 1	Evitement Ouest	16.23	30.0	14 .73
Branche 2	Evitement Est	39.16	50.0	15.1
Branche 3	CW 01 Sud	40.1	50.0	9.63

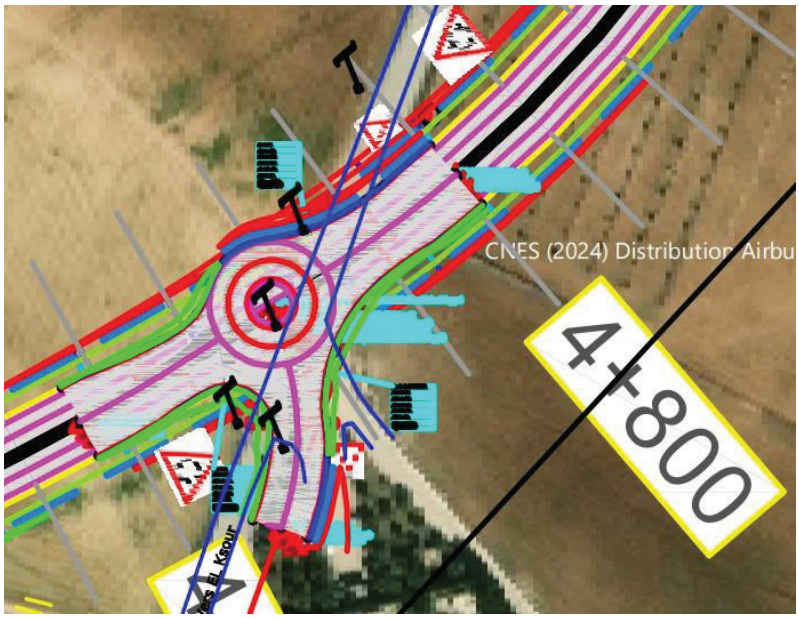


Figure XII - 3 : Vue en plan sur le deuxième carrefour

XII.4.3. Troisième carrefour

Le troisième giratoire est situé au point kilométrique PK 05+825. Ce giratoire à quatre branches se trouve à l'intersection entre la fin de l'évitement et la RN5. La branche sud est orientée vers l'évitement direction Alger, la branche nord mène à Medjana, la branche ouest conduit à El Achir, et la branche est se dirige vers Bordj Bou Arreridj.

Tableau XII - 3 : Paramètres des branches du troisième carrefour

Branches	Direction	Rayon d'entrée m	Rayon de sortie m	Largeur d'entrée m
Branche 1	Evitement Sud	97.02	105.0	19.68
Branche 2	RN 5 Ouest	18.01	30.0	11.35
Branche 3	RN 5 Est	23.7	30.0	17.47
Branche 4	Route Medjana Nord	40	50.0	11.5

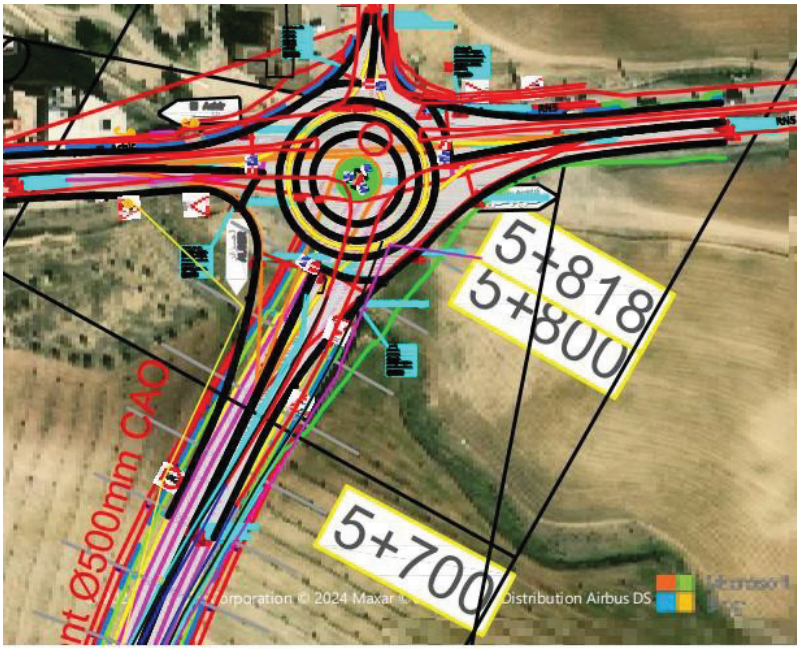


Figure XII - 4 : Vue en plan sur le troisième carrefour

L'îlot central des carrefours

L'îlot central de chaque carrefour est circulaire, avec un diamètre identique pour les trois giratoires. Certaines de leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau XII - 4 : Paramètres de l'ilot central des carrefours

Carrefours	Abscisse X	Ordonnée Y	Diamètre de l'ilot central	Pente transversale de l'air de trafic
Carrefour 1	647702.327365	3991395.710747	7m	-2%
Carrefour 2	643987.948378	3992900.122991	7m	-2%
Carrefour 3	648021.203485	3992380.0418	7m	-2%

Chapitre XIII
Signalisation

XIII.1. INTRODUCTION

Ce chapitre explore la signalisation, un élément crucial pour la sécurité et la gestion du trafic sur les routes. L'objectif est de guider clairement les usagers et de prévenir les accidents. Nous nous concentrerons sur deux types principaux : la signalisation horizontale, qui comprend les marquages au sol comme les lignes et symboles, et la signalisation verticale, qui inclut les panneaux de signalisation. Nous aborderons leurs fonctions, spécificités et les pratiques recommandées pour leur installation et maintenance, ainsi que leur application spécifique dans notre projet.

XIII.2. Types de signalisation

- Signalisation Horizontale
- Signalisation Verticale

XIII.2.1. Signalisation horizontale

Ce type de signalisation consiste en marquages réalisés directement sur la surface de la chaussée. Ces marquages, qui peuvent être des lignes, des flèches, des symboles ou d'autres indications, guident les conducteurs en leur fournissant des informations essentielles sur les voies, les directions à suivre, et les règles de circulation à observer. La signalisation horizontale est cruciale pour structurer le flux de trafic, signaler les limitations ou interdictions spécifiques, et renforcer la sécurité générale sur les routes. Elle se divise en deux types principaux :

XIII.2.1.1. Marquages Transversaux

Ces marquages sont positionnés perpendiculairement à l'axe de circulation et servent principalement à la régulation du trafic aux intersections et aux passages piétons. Ils incluent :

- Passages pour piétons.
- Lignes d'arrêt aux feux de signalisation ou devant les panneaux stop.

XIII.2.1.2. Marquages Longitudinaux

Ces marquages guident les déplacements longitudinaux des véhicules sur les routes.

- **Lignes continues :** Imposent des restrictions sévères, indiquant des sections où le dépassement est interdit ou dangereux en raison de la visibilité limitée ou d'autres facteurs de risque. Ces lignes ne doivent être franchies que là où une double ligne continue-discontinue est présente.
- **Lignes discontinues :** Signalent que le changement de voie ou le dépassement est autorisé, sous réserve de prudence et de conditions de circulation sûres.

XIII.2.2. Signalisation verticale

XIII.2.2.1. Marquages Complémentaires

Ces éléments de signalisation fournissent des informations additionnelles pour aider les conducteurs à comprendre les règles de circulation spécifiques à un tronçon de route, les avertissant des conditions locales ou des directives spéciales. Ces marquages peuvent inclure des flèches de direction, des symboles spécifiques, ou des mots explicatifs.

XIII.2.2.2. Signalisation Avancée

Panneaux placés avant une situation ou une condition spécifique sur la route pour alerter les conducteurs en avance, leur permettant de se préparer à réagir de manière sécuritaire.

XIII.2.2.3. Signalisation de Position

Panneaux qui informent les usagers de leur position actuelle sur la route ou dans la région, aidant à orienter et informer sur les spécificités locales ou les réglementations applicables.

XIII.2.2.4. Signalisation de Direction

Panneaux qui fournissent des indications sur les directions à prendre pour atteindre des destinations spécifiques, des services, ou pour naviguer à travers des intersections ou des bifurcations sur les routes et autoroutes.

XIII.3. Application au projet

XIII.3.1. Signalisation horizontale

Le tableau suivant donne les caractéristiques de tous les types de ligne adoptée :

Tableau XIII - 1 : caractéristiques de tous les types de ligne

Modulation	Désignation des marques	Largeur	Couleur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U=**18cm**	Blanc
	Délimitation du contour des îlots	3U=**18cm**	Blanc
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U=**12cm**	Blanc
T2	Délimitation des voies de décélération,	5U=**30cm**	Blanc

T2	Ligne de rive de chaussée	3U=**18cm**	
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U=**12cm**	Blanc
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	**50 cm**	Blanc

Le tableau suivant donne les caractéristiques des lignes discontinues :

Tableau XIII - 2 : les caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (en m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	LARGEUR	Couleur
AXIAL LONGITUDINAL	T1	3	10	1/3	2U=**12cm**	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	2U=**12cm**	Blanc
	T3	3	1.33	3	2U=**12cm**	Blanc
RIVE	T2	3	3.5	1	2U=**12cm**	Blanc
	T2	3	3.5	1	5U=**30cm**	Blanc
	T'3	20	6	3	3U=**18cm**	Blanc
	T4	39	13	3	3U=**18cm**	Blanc
TRANSVERSAL	T'2	0.5	0.5	1	2U=**12cm**	Blanc
DELIMITATION DU TPC	LC	-	-	-	**50 cm**	Blanc

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 et sortie sur aires, à l'exception des bretelles précisées ci-dessous,
U = 6 cm sur les routes liées avec l'axe principal et la route nationale,
U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

Dans notre cas en prends : **U=6 cm**

XIII.3.2. Signalisation verticale

Les panneaux de signalisation verticale employé dans le projet sont les suivant :

Danger :



Figure XII - 1 : Succession de virage dont le premier est a gauche



Figure XII - 2 : Succession de virage dont le premier a droite

Intersection, priorité :



Figure XII - 3 : Cédez le passage



Figure XII - 4 : Panneau de Signalisation pour Carrefour Giratoire

Interdiction :



Figure XII - 5 : Sens interdit



Figure XII - 6 : Limitation de vitesse

Obligation :



Figure XII - 7 : Obligation de tourner à droite

Chapitre XIII
Etude d'impact sur l'environnement

XIV.1. INTRODUCTION

Ce chapitre détaille l'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) associée au projet de contournement de 6 km autour de la ville d'El Achir, à l'Est de Bordj Bou Arreridj. Le tracé, traversant des zones agricoles et jalonné par de nombreux cours d'eau, nécessite une évaluation minutieuse des impacts environnementaux. Cette analyse est déterminante pour la préservation des écosystèmes concernés et pour assurer la durabilité du projet. L'EIE suit des étapes structurées incluant la description du projet, l'analyse de l'état initial de l'environnement, l'identification et l'évaluation des impacts potentiels, la proposition de mesures d'atténuation, et la consultation publique, aboutissant à une gestion intégrée et responsable des impacts environnementaux

XIV.2. Description du Projet

Le tracé de l'évitement, qui s'étend sur 6 km, traverse principalement des terrains agricoles, incluant des champs de labour. Cette région est caractérisée par une abondance de cours d'eau, ce qui ajoute une complexité supplémentaire à la gestion et à la mitigation des impacts environnementaux.

XIV.3. Analyse de l'État Initial de l'Environnement

Dans le cadre de l'Étude d'Impact sur l'Environnement pour le projet de contournement d'El Achir, une évaluation approfondie de l'état initial de l'environnement est essentielle. Cette analyse se concentre principalement sur deux aspects vitaux : les Écosystèmes Agricoles et les Ressources en Eau.

- Le tracé du projet traverse des zones principalement agricoles, utilisant des techniques variées pour cultiver des champs de labour. Ces terres fertiles soutiennent une diversité de cultures qui sont essentielles pour l'économie locale.
- Le parcours est ponctué de plusieurs cours d'eau, utilisés activement pour l'irrigation et d'autres nécessités des communautés environnantes. Une évaluation préliminaire indique une bonne qualité de ces eaux, qui jouent un rôle dans la soutenabilité des pratiques agricoles de la région.



Figure XIV - 1 : Vue satellite Google Earth des terrains agricoles



Figure XIV - 2 : Carte Google Earth des cours d'eau

XIV.4. Identification et Évaluation des Impacts

Impact sur les terres agricoles : La construction perturbera les activités agricoles, réduisant les surfaces cultivables et affectant la productivité agricole due à la perturbation des sols et à la modification des régimes d'irrigation.



Figure XIV - 3 : Terrain agricole situé à El Achir

Impact sur le paysage et le couvert végétal : L'ampleur des travaux nécessitera un défrichement significatif, impactant la biodiversité et modifiant l'habitat naturel des espèces locales, ainsi qu'augmentant les risques d'érosion.

Impact sur les ressources hydriques : Les modifications des cours d'eau et l'augmentation du ruissellement superficiel risquent de dégrader la qualité de l'eau, affectant son utilisation pour l'agriculture et la consommation humaine.

Pollution de l'air et nuisances sonores : Les opérations de construction généreront une augmentation significative de la pollution atmosphérique due aux émissions des véhicules et machines de chantier. De plus, le bruit associé aux activités de construction perturbera les communautés locales et la faune environnante.

Impact sur les nappes phréatiques : L'utilisation de produits chimiques durant la construction peut entraîner la contamination des nappes phréatiques. Les substances telles que les huiles, les solvants et d'autres contaminants peuvent s'infiltrer dans le sol, affectant la qualité de l'eau souterraine.

Développement non planifié le long de la route : La réalisation de la route peut inciter à l'installation désorganisée de commerces et de résidences le long de celle-ci, perturbant le paysage et l'esthétique de la région. Ce type de développement spontané peut également exercer une pression supplémentaire sur les infrastructures locales et les écosystèmes.

XIV.5. Mesures d'Atténuation Proposées

Nous avons élaboré des mesures d'atténuation pour minimiser les impacts environnementaux du projet, notamment la préservation des terres agricoles, la restauration du paysage, la protection des cours d'eau, et la prévention de la contamination des nappes phréatiques. Ces actions aideront à intégrer de manière durable le projet dans son environnement.

- Adoption de méthodes de construction qui réduisent au minimum les impacts sur les terrains agricoles et mise en œuvre de compensations financières ou de solutions de rechange pour les agriculteurs affectés.
- Réhabilitation des zones dégradées par la construction en replantant des espèces végétales locales et en utilisant des techniques de génie écologique pour restaurer l'écosystème.
- Installation de systèmes efficaces de gestion des eaux pluviales pour limiter les risques de pollution des cours d'eau locaux.
- Utilisation d'équipements et de véhicules respectant les normes environnementales les plus strictes, et installation de barrières acoustiques pour atténuer le bruit.
- Mise en place de protocoles rigoureux pour le stockage et la manipulation des produits chimiques afin de prévenir leur infiltration dans les nappes phréatiques.
- Travail en étroite collaboration avec les autorités locales pour encadrer et réguler le développement le long de la nouvelle route, en créant des zones spécifiquement dédiées au commerce et à l'habitation qui respectent les normes urbanistiques et préservent le caractère de la région.

XIV.6. Conclusion

L'Étude d'Impact sur l'Environnement pour le contournement d'El Achir souligne la nécessité de planifier avec soin pour préserver les ressources naturelles et soutenir un développement durable. Adopter des pratiques de construction respectueuses de l'environnement est essentiel pour minimiser les impacts écologiques et maintenir la biodiversité de cette région riche en ressources. La mise en œuvre de technologies propres, l'intégration de mesures d'atténuation efficaces, et l'engagement des communautés locales sont cruciaux pour protéger les écosystèmes tout en répondant aux besoins de développement. Ce projet représente une opportunité pour renforcer la responsabilité environnementale et garantir la durabilité à long terme de la région.

Chapitre XV
Devis estimatif quantitatif

Tableau XV - 1 : Devis estimatif quantitatif

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	U	Quantité	Prix unitaire	Montant
A/ Lot Route					
1	**Terrassements**				
1.1	Déblai Meuble en grande masse mis en dépôt	M^3	**390 153**	200,00	78 030 600,00
1.2	Déblais rocheux	M^3	**18 147**	2 000,00	36 294 000,00
1.3	Déblais rippable	M^3	**40 830**	400,00	16 332 000,00
1.4	Remblai d'emprunt en matériaux sélectionnés (TUF, TVO, stérile de carrière)	M^3	**522 011**	800,00	417 608 800,00
1.5	Décapage de la terre végétale	M^2	**112 900**	150,00	16 935 000,00
2	**Corps de chaussée et revêtement**				
2.2	Fourniture et mise en œuvre de matériaux pour les accotements en Tuff	M^3	**21 618**	1 800,00	38 912 400,00
2.3	Fourniture et mise en œuvre de matériaux pour la couche de forme en Tuff	M^3	**65 000**	1 800,00	117000000,00
2.4	Réalisation couche de base et de fondation en GB sur 29 cm en deux couches y compris couches d'accrochage	T	**67 515**	6 000,00	405 090 000,00
2.5	Réalisation couche de roulement en BB sur 06 cm y compris couche d'accrochage	T	**19 204**	6 500,00	124 826 000,00
3	**Drainage et ouvrages hydrauliques**				
3.1	Ouverture des fossés latéraux	ML	**6 000**	100,00	600 000,00
3.2	Fossés bétonnés légèrement armés	ML	**5000**	2 500,00	12 500 000,00
3.3	Fossés de crêtes	ML	**2 200**	2 500,00	5 500 000,00
3.4	Descente d'eau	ML	**250**	2 500,00	625 000,00

3.5	Dalot 2×3×2	-	**1**	20 600,80	20 600,80
3.5.1	Diamètre Ø 1000 mm	ML	**430**	25 000,00	10 750 000,00
3.6	Fourniture et mise en œuvre de Gabions	M^3	**200**	3 500,00	700 000,00
3.7	FTMO du béton armé dosé à 350 kg/m3 pour les ouvrages	M^3	**400**	35 000,00	14 000 000,00
3.8	FTMO du béton de propreté dosé à 250 kg/m^3 pour ouvrages en BA	M^3	**300**	10 000,00	3 000 000,00
3.9	Couche drainante en pierre sèche	M^3	**350**	1 500,00	525 000,00
4	**Corps de chaussée et revêtement**				
4.1	Démolition des ouvrages existants	M^3	**7**	10 000,00	70 000,00
4.2	Déplacement conduite GAZ	ML	**100**	5 000,00	500 000,00
4.3	Déplacement de la fibre optique	ML	**500**	1 600,00	800 000,00
4.4	Déplacement des poteaux électriques	U	**4**	800 000,00	3 200 000,00
5	**Signalisation horizontale et verticale**				
5.1	Marquages longitudinaux discontinue type T1_2U	ML	**12 500,00**	200,00	2 500 000,00
5.2	Marquages longitudinaux discontinue type T2_3U	ML	**12 500,00**	200,00	2 500 000,00
5.3	Marquages longitudinaux continue type 3U	ML	**12 500,00**	200,00	2 500 000,00
5.4	Marquage de flèche de rabattement	U	**30,00**	3 200,00	96 000,00
5.5	Fourniture et pose des panneaux Triangles	U	**75,00**	45 000,00	3 375 000,00
5.6	Fourniture et pose des panneaux Disque	U	**75,00**	45 000,00	3 375 000,00
5.7	Fourniture et pose des panneaux de direction	U	**15,00**	45 000,00	675 000,00
5.8	Réflecteur simple face sur DBA et glissière de sécurité	U	**800,00**	1 000,00	800 000,00

5.9	Fourniture et pose des plots rétro réfléchissants	U	**500,00**	2 100,00	1 050 000,00
5.10	Fourniture et pose des bornes kilométrique	U	**6,00**	12 000,00	72 000,00
6	**Divers**				
6,1	Fourniture et pose de bordure ordinaire T2	ML	**400**	1 000,00	400 000,00
6,2	F.T.M.O Séparateur en béton DBA	ML	**5800**	4000	23 200 000,00
6,3	• Fourniture et Pose de poteaux d'éclairage solaire hauteur 07 Mètre y/ c • Double crosse -socle en béton arme dosé à 350 kg/m3 selon fiche technique ci-joint avec toutes sujétions de bonne exécution	U	**240,00**	240 000,00	57 600 000,00
64	Fourniture et Pose de poteaux d'éclairage solaire hauteur 07 Mètre y/ c simple crosse -socle en béton arme dosé à 350 kg/m3 selon fiche technique ci-joint avec toutes sujétions de bonne exécution	U	**30,00**	180 000,00	5 400 000,00
Montant en HT (lot Routes)					**1 352 621 800,00**
B/Lot Ouvrages d'arts					
1	Réalisation d'un ouvrage d'art au PK :2+958 pont en béton précontraint 100m	U	**1**	-	200 000 000,00
2	Réalisation d'un ouvrage d'art au PK :5+214 pont en béton précontraint 50m	U	**1**	-	150 000 000,00
Montant en HT (Ouvrages d'arts)					**350 000 000,00**

MONTANT TOTAL en HT	**1 702 621 800,00**
T.V.A (19 %)	**323 498 142,00**
MONTANT TOTAL en TTC	**2 026 119 942,00**
Arrondi à	**1 500 000 000,00**
Indemnisation des terrains	**300 000 000,00**
TOTAL	**1 800 000 000,00**

Le prix total de l'évitement de la ville d'el Achir en 2×2 voies est d'en lettres est :

Un milliard huit cents millions dinars algériens

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études sur l'évitement d'El Achir a clairement démontré l'importance cruciale d'une infrastructure routière soigneusement planifiée pour la fluidité du trafic et la réduction de la congestion. En contournant la ville, cet évitement a directement amélioré la qualité de vie locale, réduit les temps de trajet, et stimulé l'économie régionale.

Notre travail a inclus des études approfondies allant de la reconnaissance du site à la conception détaillée, en mettant l'accent sur une gestion optimisée des carrefours pour répondre aux exigences spécifiques de trafic, de sécurité, et environnementales, tout en respectant les contraintes budgétaires. Nous avons pris des mesures pour minimiser l'impact environnemental, faisant de ce projet un modèle d'intégration de la gestion du trafic urbain avec la préservation de l'environnement.

Ce PFE a non seulement renforcé mes compétences en ingénierie et gestion de projet mais a également mis en lumière l'impact bénéfique de telles infrastructures sur une communauté. L'évitement d'El Achir représente un progrès notable pour le réseau de transport de l'Algérie, répondant aux défis du développement urbain et de la croissance économique.

En résumé, cet évitement illustre comment une planification stratégique et une ingénierie minutieuse peuvent se conjuguer pour créer des infrastructures durables qui servent les populations et encouragent le développement économique.

Bibliographie

- [1] Catalogue de Dimensionnement des chaussées Neuves fascicule 1, 2,3, (C.T.T.P), Novembre 2001.

- [2] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes octobre 1977

- [3] GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300.

- [4] https://jeanyvesthorrignac.fr, consulté le 31 Mai 2024

- [6] MEDJEK Said**,** ÉTUDE D'AMENAGEMENT D'OUED EL KSEUR W. BEJAIA, Ouvrages et Aménagements Hydrauliques, Université de Bejaia, 2016

- [7] SAAID Naas Abderrahmane et RAOUACHE Sofiane, Etude de l'évitement de la ville de ABADLA sur 4.5 Km avec étude d'un carrefour giratoire, Travaux publics, 2014

- [8] SEHAKI SADIA**,** Etude APD de l'évitement de la ville de la wilaya de DEJLFA sur 10 km du PK294+000 au PK351+500 Lot (02), Travaux publics, 2016

- [9] Pr A. BEZZAR, LES CARREFOURS A SENS GIRATOIRE, Route, 2019/2020

- [10]https://www.ornikar.com/code/cours/panneaux/planche-tous-panneaux

- [11] SEDDIKI Sofiane et CHADI Bilal, Etude d'un tronçon autoroutier de la 4eme rocade d'Alger : du PK 99 au PK 109 y compris un échangeur, Travaux publics, 2014

- [12] GOUMETTRE Ahmed et KALLI Fatima-Zohra, *Manuel de projet de routes*, office des publications universitaires

- [13] KHELIL Mhamed et Ghlam Mustapha, *DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES ROUTIERES CAS RN40A,* Travaux publics, 2020

- [14] FERDI Nadjet et BERKANI Imene, ETUDE EN APD DE L'EVITEMENT DE LA VILLE DE MASKIANA WILAYA D'OUM EL BOUAGHI SUR 14Km AVEC CONCEPTION DE DEUX CARREFOURS GIRATOIRE, 2014

ANNEXES

TRAFIC



Année du comptage : 2017

DIRECTION	*P1*	*P2*	*P3*	*P4*	*P5*	*P6*
BBA-EL ACHIR	*1315*	*364*	*94*	*115*	*75*	*95*
	1305	*392*	*96*	*235*	*315*	*91*
	840	*216*	*61*	*71*	*49*	*44*
EL ACHIR-BBA	*927*	*194*	*79*	*53*	*41*	*48*
	1317	*369*	*73*	*97*	*73*	*71*
	636	*205*	*43*	*47*	*39*	*36*
MANSOURAH-EL ACHIR	*930*	*242*	*75*	*180*	*95*	*84*
	768	*210*	*55*	*184*	*85*	*52*
	984	*272*	*123*	*211*	*83*	*117*
EL ACHIR-MANSOURAH	*744*	*107*	*53*	*141*	*71*	*66*
	772	*96*	*46*	*141*	*42*	*82*
	1225	*201*	*84*	*158*	*63*	*77*
Total	*11763*	*2868*	*882*	*1633*	*1031*	*863*
	14631		*4409*			

DIRECTION	*P1*	*P2*	*P3*	*P4*	*P5*	*P6*
BBA-EL ACHIR	*1305*	*318*	*85*	*126*	*69*	*60*
	1158	*296*	*76*	*94*	*80*	*62*
	474	*144*	*21*	*40*	*41*	*21*
EL ACHIR-BBA	*1500*	*447*	*96*	*150*	*77*	*62*
	1392	*756*	*62*	*144*	*83*	*61*
	714	*372*	*47*	*58*	*29*	*40*
MANSOURAH-EL ACHIR	*928*	*248*	*69*	*197*	*77*	*62*
	534	*282*	*77*	*237*	*80*	*74*
	660	*291*	*124*	*427*	*132*	*122*
EL ACHIR-MANSOURAH	*678*	*103*	*49*	*141*	*48*	*50*
	676	*171*	*60*	*153*	*66*	*54*
	1194	*179*	*83*	*78*	*79*	*77*
Total	*11213*	*3607*	*849*	*1845*	*861*	*745*
	14820		*4300*			

RESULTATS DES COMPTAGES MANUELS PAR HEURE

1IER JOUR

N: HEURE	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1ierre H	1480	377	125	182	103	110
2emme H	1344	377	91	176	65	60
3emme H	1490	474	85	245	105	98
4emme H	1315	535	84	246	95	86
5emme H	1826	691	155	334	165	150
6emme H	1680	563	169	264	140	140
7emme H	1595	572	149	277	127	131
8emme H	1094	306	84	137	75	58
TOTAL	11824	3895	942	1861	875	833

2 -ème JOUR

N: HEURE	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1ierre H	1439	291	118	151	95	94
2emme H	1441	328	96	178	94	77
3emme H	1402	482	86	200	115	97
4emme H	1414	342	90	150	109	103
5emme H	1567	372	97	215	98	111
6emme H	1622	405	116	231	103	104
7emme H	1434	332	109	191	80	102
8emme H	957	202	99	151	92	84
TOTAL	11276	2754	811	1467	786	772

ANNEXES

Géométries

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Plage d'abscisse : Début : 0+000.00, Fin : 5+818.49

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	643942.7183	3992920.6152
DR1	ANG=142.9738 (g)	680.070			
			0+680.07	644473.6408	3992495.6245
CLO2	A=178.885				
	R=400.000	80.000			
			0+760.07	644534.3681	3992443.6004
ARC3	XC=644254.4728				
	YC=3992157.8407				
	R=400.000	251.457			
			1+011.53	644648.8997	3992224.3795
CLO4	A=178.885				
	R=400.000	80.000			
			1+091.53	644656.9190	3992144.8182
DR5	ANG=195.7268 (g)	270.230			
			1+361.76	644675.0443	3991875.1968
CLO6	A=122.474				
	R=300.000	50.000			
			1+411.76	644679.7807	3991825.4372
ARC7	XC=644976.3915				
	YC=3991870.4042				
	R=300.000	200.507			
			1+612.26	644771.4651	3991651.3034
CLO8	A=122.474				
	R=300.000	50.000			

			1+662.26	644809.8102	3991619.2394
DR9	ANG=142.5675 (g)	242.244			
			1+904.51	644999.8890	3991469.0661
DR10	ANG=140.9720 (g)	96.489			
			2+001.00	645077.0751	3991411.1662
CLO11	A=200.000				
	R=800.000	50.000			
			2+051.00	645117.3811	3991381.5824
ARC12	XC=645577.2060				
	YC=3992036.2281				
	R=800.000	382.112			
			2+433.11	645469.7741	3991243.4744
CLO13	A=200.000				
	R=800.000	50.000			
			2+483.11	645519.4482	3991237.7938
DR14	ANG=106.5856 (g)	631.021			
			3+114.13	646147.0959	3991172.6330
DR15	ANG=106.7496 (g)	758.966			
			3+873.10	646901.8008	3991092.3166
CLO16	A=228.035				
	R=400.000	130.000			
			4+003.10	647031.4736	3991085.5847
ARC17	XC=647008.8944				
	YC=3991484.9469				
	R=400.000	103.086			
			4+106.18	647132.5139	3991104.5285
CLO18	A=228.035				

	R=400.000	130.000			
			4+236.18	647250.9414	3991157.7759
DR19	ANG=69.6528 (g)	418.031			
			4+654.21	647622.3688	3991349.5863
CLO20	A=213.307				
	R=350.000	130.000			
			4+784.21	647733.7948	3991416.1633
ARC21	XC=647518.5391				
	YC=3991692.1433				
	R=350.000	211.380			
			4+995.59	647852.4435	3991587.2250
CLO22	A=213.307				
	R=350.000	130.000			
			5+125.59	647875.7609	3991714.9143
DR23	ANG=7.5588 (g)	339.422			
			5+465.01	647915.9671	3992051.9465
CLO24	A=228.035				
	R=400.000	130.000			
			5+595.01	647938.3045	3992179.8582
ARC25	XC=648322.5900				
	YC=3992068.8418				
	R=400.000	29.561			
			5+624.57	647947.5503	3992207.9290
CLO26	A=228.035				
	R=400.000	130.000			
			5+754.57	648005.6006	3992324.0778
DR27	ANG=32.9537 (g)	63.914			
			5+818.49	648037.2270	3992379.6185

Profil en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+000.00	1043.688
D1	PENTE= 0.66%	717.248		
			0+717.25	1048.453
PAR1	S= 0+867.40 Z=1049.450			
	R= 8000.000	300.303		
			1+017.55	1044.812
D2	PENTE= -3.09%	536.132		
			1+553.68	1028.248
PAR2	S= 1+600.00 Z=1026.817			
	R= 5000.000	92.635		
			1+646.32	1024.528
D3	PENTE= -4.94%	386.332		
			2+032.65	1005.435
PAR3	S= 2+305.59 Z=991.946			
	R= 10000.000	545.871		
			2+578.52	993.356
D4	PENTE= 0.52%	263.534		
			2+842.06	994.717
PAR4	S= 2+900.28 Z=995.018			
	R= 5000.000	116.458		
			2+958.51	993.963
D5	PENTE= -1.81%	91.080		

			3+049.59	992.312
PAR5	S= 3+075.00 Z=991.851			
	R= 5000.000	50.813		
			3+100.41	991.132
D6	PENTE= -2.83%	208.733		
			3+309.14	985.228
PAR6	S= 3+403.49 Z=982.559			
	R= 10000.000	188.697		
			3+497.84	981.670
D7	PENTE= -0.94%	385.717		
			3+883.55	978.037
PAR7	S= 3+953.22 Z=977.381			
	R= 20000.000	139.327		
			4+022.88	976.239
D8	PENTE= -1.64%	253.884		
			4+276.76	972.079
PAR8	S= 4+400.00 Z=970.060			
	R= 8000.000	246.470		
			4+523.24	971.838
D9	PENTE= 1.44%	279.161		
			4+802.40	975.864
PAR9	S= 4+856.61 Z=976.646			
	R= 6000.000	108.434		
			4+910.83	978.408
D10	PENTE= 3.25%	172.925		

			5+083.75	984.027
PAR10	S= 5+149.01 Z=986.148			
	R= 5000.000	130.510		
			5+214.26	986.565
D11	PENTE= 0.64%	44.367		
			5+258.63	986.849
PAR11	S= 5+297.03 Z=987.094			
	R= 2000.000	76.792		
			5+335.42	985.865
D12	PENTE= -3.20%	100.106		
			5+435.53	982.662
PAR12	S= 5+562.87 Z=978.587			
	R= 5000.000	254.671		
			5+690.20	980.998
D13	PENTE= 1.89%	171.624		
			5+861.82	984.247

Tabulation

°	PK	Z TN	Z PR	X	Y	Dev G	Dev D
Axe 1 - 0+00.00	0+000.00	1045.000	1043.688	643942.7183	3992920.6152	2.5%	2.5%
Axe 1 - 0+25.00	0+025.00	1044.607	1043.854	643962.2355	3992904.9922	2.5%	2.5%
Axe 1 - 0+50.00	0+050.00	1042.409	1044.020	643981.7527	3992889.3692	2.5%	2.5%
Axe 1 - 0+75.00	0+075.00	1041.473	1044.186	644001.2699	3992873.7461	2.5%	2.5%
Axe 1 - 1+00.00	0+100.00	1040.815	1044.352	644020.7871	3992858.1231	2.5%	2.5%
Axe 1 - 1+25.00	0+125.00	1040.480	1044.518	644040.3043	3992842.5000	2.5%	2.5%
Axe 1 - 1+50.00	0+150.00	1039.650	1044.684	644059.8215	3992826.8770	2.5%	2.5%
Axe 1 - 1+75.00	0+175.00	1038.393	1044.851	644079.3386	3992811.2540	2.5%	2.5%
Axe 1 - 2+00.00	0+200.00	1037.574	1045.017	644098.8558	3992795.6309	2.5%	2.5%
Axe 1 - 2+25.00	0+225.00	1037.663	1045.183	644118.3730	3992780.0079	2.5%	2.5%
Axe 1 - 2+50.00	0+250.00	1037.780	1045.349	644137.8902	3992764.3848	2.5%	2.5%
Axe 1 - 2+75.00	0+275.00	1038.091	1045.515	644157.4074	3992748.7618	2.5%	2.5%
Axe 1 - 3+00.00	0+300.00	1038.053	1045.681	644176.9246	3992733.1388	2.5%	2.5%
Axe 1 - 3+25.00	0+325.00	1038.297	1045.847	644196.4418	3992717.5157	2.5%	2.5%
Axe 1 - 3+50.00	0+350.00	1038.635	1046.013	644215.9590	3992701.8927	2.5%	2.5%
Axe 1 - 3+75.00	0+375.00	1038.775	1046.179	644235.4761	3992686.2696	2.5%	2.5%
Axe 1 - 4+00.00	0+400.00	1038.828	1046.345	644254.9933	3992670.6466	2.5%	2.5%
Axe 1 - 4+25.00	0+425.00	1038.977	1046.511	644274.5105	3992655.0236	2.5%	2.5%
Axe 1 - 4+50.00	0+450.00	1039.037	1046.677	644294.0277	3992639.4005	2.5%	2.5%
Axe 1 - 4+75.00	0+475.00	1038.940	1046.844	644313.5449	3992623.7775	2.5%	2.5%

Axe 1 - 5+00.00	0+500.00	1039.471	1047.010	644333.0621	3992608.1544	2.5%	2.5%
Axe 1 - 5+25.00	0+525.00	1040.211	1047.176	644352.5793	3992592.5314	2.5%	2.5%
Axe 1 - 5+50.00	0+550.00	1041.944	1047.342	644372.0965	3992576.9084	2.5%	2.5%
Axe 1 - 5+75.00	0+575.00	1043.398	1047.508	644391.6136	3992561.2853	2.5%	2.5%
Axe 1 - 6+00.00	0+600.00	1044.789	1047.674	644411.1308	3992545.6623	2.5%	2.5%
Axe 1 - 6+25.00	0+625.00	1047.007	1047.840	644430.6480	3992530.0392	2.5%	2.5%
Axe 1 - 6+50.00	0+650.00	1049.344	1048.006	644450.1652	3992514.4162	1.3%	2.5%
Axe 1 - 6+75.00	0+675.00	1051.076	1048.172	644469.6824	3992498.7932	-0.2%	2.5%
Axe 1 - 7+00.00	0+700.00	1052.011	1048.338	644489.1738	3992483.1380	-1.8%	2.5%
Axe 1 - 7+25.00	0+725.00	1052.146	1048.501	644508.4181	3992467.1811	-3.3%	3.3%
Axe 1 - 7+50.00	0+750.00	1052.476	1048.603	644527.0895	3992450.5597	-4.9%	4.9%
Axe 1 - 7+75.00	0+775.00	1052.190	1048.628	644544.8364	3992432.9570	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 8+00.00	0+800.00	1052.472	1048.575	644561.4530	3992414.2840	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 8+25.00	0+825.00	1053.293	1048.443	644576.8709	3992394.6095	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 8+50.00	0+850.00	1054.106	1048.233	644591.0299	3992374.0104	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 8+75.00	0+875.00	1055.365	1047.946	644603.8746	3992352.5672	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 9+00.00	0+900.00	1055.736	1047.580	644615.3548	3992330.3636	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 9+25.00	0+925.00	1053.500	1047.136	644625.4259	3992307.4864	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 9+50.00	0+950.00	1050.501	1046.613	644634.0484	3992284.0247	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 9+75.00	0+975.00	1048.087	1046.013	644641.1886	3992260.0703	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 10+00.00	1+000.00	1046.959	1045.335	644646.8187	3992235.7167	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 10+25.00	1+025.00	1045.916	1044.581	644650.9294	3992211.0608	-4.7%	4.7%

Axe 1 - 10+50.00	1+050.00	1044.121	1043.809	644653.7617	3992186.2236	-3.1%	3.1%
Axe 1 - 10+75.00	1+075.00	1042.340	1043.037	644655.7870	3992161.3063	-1.6%	2.5%
Axe 1 - 11+00.00	1+100.00	1039.936	1042.264	644657.4873	3992136.3642	0.0%	2.5%
Axe 1 - 11+25.00	1+125.00	1037.373	1041.492	644659.1641	3992111.4205	1.5%	2.5%
Axe 1 - 11+50.00	1+150.00	1035.235	1040.720	644660.8410	3992086.4768	2.5%	2.5%
Axe 1 - 11+75.00	1+175.00	1035.475	1039.947	644662.5178	3992061.5331	2.5%	2.5%
Axe 1 - 12+00.00	1+200.00	1035.614	1039.175	644664.1947	3992036.5894	2.5%	2.5%
Axe 1 - 12+25.00	1+225.00	1035.732	1038.403	644665.8715	3992011.6457	2.5%	2.5%
Axe 1 - 12+50.00	1+250.00	1035.668	1037.630	644667.5483	3991986.7020	2.5%	2.5%
Axe 1 - 12+75.00	1+275.00	1037.010	1036.858	644669.2252	3991961.7583	2.5%	2.5%
Axe 1 - 13+00.00	1+300.00	1036.838	1036.085	644670.9020	3991936.8146	2.5%	2.2%
Axe 1 - 13+25.00	1+325.00	1038.267	1035.313	644672.5788	3991911.8709	2.5%	0.3%
Axe 1 - 13+50.00	1+350.00	1036.717	1034.541	644674.2557	3991886.9272	2.5%	-1.7%
Axe 1 - 13+75.00	1+375.00	1035.829	1033.768	644675.9583	3991861.9853	3.6%	-3.6%
Axe 1 - 14+00.00	1+400.00	1034.909	1032.996	644678.2287	3991837.0906	5.6%	-5.6%
Axe 1 - 14+25.00	1+425.00	1033.791	1032.224	644682.0540	3991812.3917	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 14+50.00	1+450.00	1031.671	1031.451	644687.9042	3991788.0933	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 14+75.00	1+475.00	1031.770	1030.679	644695.7566	3991764.3661	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 15+00.00	1+500.00	1033.336	1029.907	644705.5568	3991741.3749	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 15+25.00	1+525.00	1034.805	1029.134	644717.2366	3991719.2792	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 15+50.00	1+550.00	1035.832	1028.362	644730.7151	3991698.2324	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 15+75.00	1+575.00	1037.076	1027.544	644745.8987	3991678.3806	6.5%	-6.5%

Axe 1 - 16+00.00	1+600.00	1037.907	1026.603	644762.6820	3991659.8614	6.5%	-6.5%
Axe 1 - 16+25.00	1+625.00	1037.048	1025.536	644780.9334	3991642.7863	5.5%	-5.5%
Axe 1 - 16+50.00	1+650.00	1035.469	1024.346	644800.2000	3991626.8581	3.5%	-3.5%
Axe 1 - 16+75.00	1+675.00	1033.466	1023.111	644819.8038	3991611.3439	2.5%	-1.6%
Axe 1 - 17+00.00	1+700.00	1029.718	1021.875	644839.4203	3991595.8457	2.5%	0.4%
Axe 1 - 17+25.00	1+725.00	1026.660	1020.639	644859.0368	3991580.3475	2.5%	2.3%
Axe 1 - 17+50.00	1+750.00	1022.700	1019.404	644878.6533	3991564.8494	2.5%	2.5%
Axe 1 - 17+75.00	1+775.00	1020.315	1018.168	644898.2698	3991549.3512	2.5%	2.5%
Axe 1 - 18+00.00	1+800.00	1016.660	1016.933	644917.8863	3991533.8530	2.5%	2.5%
Axe 1 - 18+25.00	1+825.00	1013.087	1015.697	644937.5028	3991518.3549	2.5%	2.5%
Axe 1 - 18+50.00	1+850.00	1010.802	1014.462	644957.1192	3991502.8567	2.5%	2.5%
Axe 1 - 18+75.00	1+875.00	1007.052	1013.226	644976.7357	3991487.3585	2.5%	2.5%
Axe 1 - 19+00.00	1+900.00	1004.169	1011.991	644996.3522	3991471.8604	2.5%	2.5%
Axe 1 - 19+25.00	1+925.00	1000.016	1010.755	645016.2820	3991456.7691	2.5%	2.2%
Axe 1 - 19+50.00	1+950.00	998.031	1009.520	645036.2808	3991441.7674	2.5%	1.3%
Axe 1 - 19+75.00	1+975.00	996.733	1008.284	645056.2795	3991426.7657	2.5%	0.4%
Axe 1 - 20+00.00	2+000.00	995.330	1007.049	645076.2782	3991411.7640	2.5%	-0.6%
Axe 1 - 20+25.00	2+025.00	993.169	1005.813	645096.3114	3991396.8085	2.5%	-1.5%
Axe 1 - 20+50.00	2+050.00	993.104	1004.593	645116.5663	3991382.1554	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 20+75.00	2+075.00	993.513	1003.432	645137.2276	3991368.0821	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 21+00.00	2+100.00	993.935	1002.333	645158.3186	3991354.6613	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 21+25.00	2+125.00	993.065	1001.297	645179.8186	3991341.9059	2.5%	-2.5%

Axe 1 - 21+50.00	2+150.00	992.027	1000.324	645201.7067	3991329.8286	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 21+75.00	2+175.00	987.902	999.413	645223.9614	3991318.4410	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 22+00.00	2+200.00	988.599	998.565	645246.5611	3991307.7544	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 22+25.00	2+225.00	993.149	997.779	645269.4836	3991297.7791	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 22+50.00	2+250.00	996.989	997.055	645292.7066	3991288.5249	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 22+75.00	2+275.00	998.356	996.394	645316.2075	3991280.0008	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 23+00.00	2+300.00	999.865	995.796	645339.9631	3991272.2151	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 23+25.00	2+325.00	999.408	995.260	645363.9505	3991265.1755	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 23+50.00	2+350.00	998.940	994.787	645388.1461	3991258.8888	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 23+75.00	2+375.00	998.575	994.376	645412.5263	3991253.3612	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 24+00.00	2+400.00	998.312	994.027	645437.0673	3991248.5980	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 24+25.00	2+425.00	998.152	993.741	645461.7452	3991244.6039	2.5%	-2.5%
Axe 1 - 24+50.00	2+450.00	998.093	993.518	645486.5334	3991241.3629	2.5%	-1.9%
Axe 1 - 24+75.00	2+475.00	998.102	993.357	645511.3837	3991238.6332	2.5%	-0.9%
Axe 1 - 25+00.00	2+500.00	998.131	993.259	645536.2498	3991236.0495	2.5%	0.0%
Axe 1 - 25+25.00	2+525.00	998.159	993.223	645561.1162	3991233.4679	2.5%	1.0%
Axe 1 - 25+50.00	2+550.00	998.188	993.249	645585.9825	3991230.8864	2.5%	1.9%
Axe 1 - 25+75.00	2+575.00	998.217	993.338	645610.8489	3991228.3048	2.5%	2.5%
Axe 1 - 26+00.00	2+600.00	998.246	993.467	645635.7152	3991225.7232	2.5%	2.5%
Axe 1 - 26+25.00	2+625.00	998.274	993.596	645660.5816	3991223.1417	2.5%	2.5%
Axe 1 - 26+50.00	2+650.00	998.303	993.725	645685.4480	3991220.5601	2.5%	2.5%
Axe 1 - 26+75.00	2+675.00	998.332	993.854	645710.3143	3991217.9785	2.5%	2.5%

Axe 1 - 27+00.00	2+700.00	998.361	993.983	645735.1807	3991215.3970	2.5%	2.5%
Axe 1 - 27+25.00	2+725.00	998.390	994.113	645760.0470	3991212.8154	2.5%	2.5%
Axe 1 - 27+50.00	2+750.00	998.337	994.242	645784.9134	3991210.2339	2.5%	2.5%
Axe 1 - 27+75.00	2+775.00	997.619	994.371	645809.7797	3991207.6523	2.5%	2.5%
Axe 1 - 28+00.00	2+800.00	995.838	994.500	645834.6461	3991205.0707	2.5%	2.5%
Axe 1 - 28+25.00	2+825.00	992.265	994.629	645859.5124	3991202.4892	2.5%	2.5%
Axe 1 - 28+50.00	2+850.00	990.876	994.752	645884.3788	3991199.9076	2.5%	2.5%
Axe 1 - 28+75.00	2+875.00	989.460	994.779	645909.2451	3991197.3261	2.5%	2.5%
Axe 1 - 29+00.00	2+900.00	988.140	994.681	645934.1115	3991194.7445	2.5%	2.5%
Axe 1 - 29+25.00	2+925.00	986.953	994.458	645958.9778	3991192.1629	2.5%	2.5%
Axe 1 - 29+50.00	2+950.00	985.936	994.110	645983.8442	3991189.5814	2.5%	2.5%
Axe 1 - 29+75.00	2+975.00	985.003	993.664	646008.7105	3991186.9998	2.5%	2.5%
Axe 1 - 30+00.00	3+000.00	984.651	993.211	646033.5769	3991184.4182	2.5%	2.5%
Axe 1 - 30+25.00	3+025.00	983.118	992.757	646058.4433	3991181.8367	2.5%	2.5%
Axe 1 - 30+50.00	3+050.00	982.282	992.304	646083.3096	3991179.2551	2.5%	2.5%
Axe 1 - 30+75.00	3+075.00	981.506	991.787	646108.1760	3991176.6736	2.5%	2.5%
Axe 1 - 31+00.00	3+100.00	980.559	991.144	646133.0423	3991174.0920	2.5%	2.5%
Axe 1 - 31+25.00	3+125.00	979.544	990.437	646157.9057	3991171.4826	2.5%	2.5%
Axe 1 - 31+50.00	3+150.00	978.919	989.729	646182.7654	3991168.8370	2.5%	2.5%
Axe 1 - 31+75.00	3+175.00	978.513	989.022	646207.6250	3991166.1914	2.5%	2.5%
Axe 1 - 32+00.00	3+200.00	978.090	988.315	646232.4846	3991163.5458	2.5%	2.5%
Axe 1 - 32+25.00	3+225.00	977.558	987.608	646257.3442	3991160.9003	2.5%	2.5%

Axe 1 - 32+50.00	3+250.00	977.549	986.901	646282.2039	3991158.2547	2.5%	2.5%
Axe 1 - 32+75.00	3+275.00	977.308	986.193	646307.0635	3991155.6091	2.5%	2.5%
Axe 1 - 33+00.00	3+300.00	977.636	985.486	646331.9231	3991152.9635	2.5%	2.5%
Axe 1 - 33+25.00	3+325.00	978.909	984.792	646356.7827	3991150.3179	2.5%	2.5%
Axe 1 - 33+50.00	3+350.00	980.327	984.155	646381.6424	3991147.6723	2.5%	2.5%
Axe 1 - 33+75.00	3+375.00	981.611	983.581	646406.5020	3991145.0267	2.5%	2.5%
Axe 1 - 34+00.00	3+400.00	982.763	983.070	646431.3616	3991142.3812	2.5%	2.5%
Axe 1 - 34+25.00	3+425.00	983.490	982.621	646456.2212	3991139.7356	2.5%	2.5%
Axe 1 - 34+50.00	3+450.00	983.669	982.235	646481.0808	3991137.0900	2.5%	2.5%
Axe 1 - 34+75.00	3+475.00	983.848	981.911	646505.9405	3991134.4444	2.5%	2.5%
Axe 1 - 35+00.00	3+500.00	984.026	981.650	646530.8001	3991131.7988	2.5%	2.5%
Axe 1 - 35+25.00	3+525.00	984.211	981.414	646555.6597	3991129.1532	2.5%	2.5%
Axe 1 - 35+50.00	3+550.00	984.419	981.179	646580.5193	3991126.5076	2.5%	2.5%
Axe 1 - 35+75.00	3+575.00	984.306	980.943	646605.3790	3991123.8621	2.5%	2.5%
Axe 1 - 36+00.00	3+600.00	984.228	980.708	646630.2386	3991121.2165	2.5%	2.5%
Axe 1 - 36+25.00	3+625.00	984.260	980.472	646655.0982	3991118.5709	2.5%	2.5%
Axe 1 - 36+50.00	3+650.00	984.604	980.237	646679.9578	3991115.9253	2.5%	2.5%
Axe 1 - 36+75.00	3+675.00	984.820	980.001	646704.8175	3991113.2797	2.5%	2.5%
Axe 1 - 37+00.00	3+700.00	984.914	979.766	646729.6771	3991110.6341	2.5%	2.5%
Axe 1 - 37+25.00	3+725.00	984.954	979.530	646754.5367	3991107.9885	2.5%	2.5%
Axe 1 - 37+50.00	3+750.00	984.666	979.295	646779.3963	3991105.3430	2.5%	2.5%
Axe 1 - 37+75.00	3+775.00	983.855	979.059	646804.2560	3991102.6974	2.5%	2.5%

Axe 1 - 38+00.00	3+800.00	982.981	978.824	646829.1156	3991100.0518	2.5%	2.5%
Axe 1 - 38+25.00	3+825.00	981.901	978.588	646853.9752	3991097.4062	2.5%	2.5%
Axe 1 - 38+50.00	3+850.00	980.753	978.353	646878.8348	3991094.7606	2.5%	2.5%
Axe 1 - 38+75.00	3+875.00	979.595	978.118	646903.6944	3991092.1150	2.5%	2.4%
Axe 1 - 39+00.00	3+900.00	978.788	977.875	646928.5605	3991089.5315	2.5%	0.9%
Axe 1 - 39+25.00	3+925.00	977.965	977.604	646953.4577	3991087.2699	2.5%	-0.7%
Axe 1 - 39+50.00	3+950.00	977.100	977.301	646978.4028	3991085.6302	2.5%	-2.2%
Axe 1 - 39+75.00	3+975.00	976.409	976.967	647003.3906	3991084.9137	3.8%	-3.8%
Axe 1 - 40+00.00	4+000.00	975.982	976.601	647028.3823	3991085.4219	5.3%	-5.3%
Axe 1 - 40+25.00	4+025.00	976.225	976.205	647053.2983	3991087.4192	5.5%	-5.5%
Axe 1 - 40+50.00	4+050.00	976.949	975.795	647078.0409	3991090.9688	5.5%	-5.5%
Axe 1 - 40+75.00	4+075.00	977.147	975.385	647102.5135	3991096.0569	5.5%	-5.5%
Axe 1 - 41+00.00	4+100.00	976.949	974.976	647126.6205	3991102.6636	5.5%	-5.5%
Axe 1 - 41+25.00	4+125.00	977.372	974.566	647150.2751	3991110.7430	4.3%	-4.3%
Axe 1 - 41+50.00	4+150.00	977.797	974.156	647173.4658	3991120.0745	2.8%	-2.8%
Axe 1 - 41+75.00	4+175.00	977.581	973.747	647196.2510	3991130.3590	2.5%	-1.2%
Axe 1 - 42+00.00	4+200.00	972.997	973.337	647218.7245	3991141.3094	2.5%	0.3%
Axe 1 - 42+25.00	4+225.00	968.579	972.928	647241.0045	3991152.6493	2.5%	1.9%
Axe 1 - 42+50.00	4+250.00	965.126	972.518	647263.2195	3991164.1164	2.5%	2.5%
Axe 1 - 42+75.00	4+275.00	966.710	972.108	647285.4324	3991175.5875	2.5%	2.5%
Axe 1 - 43+00.00	4+300.00	968.022	971.732	647307.6453	3991187.0586	2.5%	2.5%
Axe 1 - 43+25.00	4+325.00	967.837	971.435	647329.8583	3991198.5297	2.5%	2.5%

Axe 1 - 43+50.00	4+350.00	967.650	971.215	647352.0712	3991210.0007	2.5%	2.5%
Axe 1 - 43+75.00	4+375.00	968.489	971.073	647374.2841	3991221.4718	2.5%	2.5%
Axe 1 - 44+00.00	4+400.00	967.966	971.009	647396.4971	3991232.9429	2.5%	2.5%
Axe 1 - 44+25.00	4+425.00	968.536	971.024	647418.7100	3991244.4140	2.5%	2.5%
Axe 1 - 44+50.00	4+450.00	969.373	971.117	647440.9230	3991255.8850	2.5%	2.5%
Axe 1 - 44+75.00	4+475.00	970.341	971.287	647463.1359	3991267.3561	2.5%	2.5%
Axe 1 - 45+00.00	4+500.00	971.338	971.536	647485.3488	3991278.8272	2.5%	2.5%
Axe 1 - 45+25.00	4+525.00	971.557	971.863	647507.5618	3991290.2983	2.5%	2.5%
Axe 1 - 45+50.00	4+550.00	971.951	972.224	647529.7747	3991301.7693	2.5%	2.5%
Axe 1 - 45+75.00	4+575.00	970.534	972.584	647551.9876	3991313.2404	2.5%	2.5%
Axe 1 - 46+00.00	4+600.00	969.319	972.945	647574.2006	3991324.7115	2.5%	2.5%
Axe 1 - 46+25.00	4+625.00	970.071	973.305	647596.4135	3991336.1826	2.5%	2.5%
Axe 1 - 46+50.00	4+650.00	971.202	973.666	647618.6264	3991347.6536	2.5%	2.5%
Axe 1 - 46+75.00	4+675.00	972.552	974.027	647640.8242	3991359.1539	2.5%	1.6%
Axe 1 - 47+00.00	4+700.00	974.032	974.387	647662.8888	3991370.9071	2.5%	-0.1%
Axe 1 - 47+25.00	4+725.00	975.067	974.748	647684.6501	3991383.2112	2.5%	-1.9%
Axe 1 - 47+50.00	4+750.00	976.579	975.108	647705.9156	3991396.3517	3.6%	-3.6%
Axe 1 - 47+75.00	4+775.00	976.836	975.469	647726.4591	3991410.5917	5.4%	-5.4%
Axe 1 - 48+00.00	4+800.00	976.503	975.830	647746.0207	3991426.1506	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 48+25.00	4+825.00	976.795	976.233	647764.4240	3991443.0638	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 48+50.00	4+850.00	977.036	976.740	647781.5733	3991461.2472	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 48+75.00	4+875.00	976.699	977.351	647797.3811	3991480.6082	6.0%	-6.0%

Axe 1 - 49+00.00	4+900.00	976.278	978.066	647811.7669	3991501.0479	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 49+25.00	4+925.00	975.669	978.868	647824.6572	3991522.4622	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 49+50.00	4+950.00	975.515	979.681	647835.9864	3991544.7419	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 49+75.00	4+975.00	976.173	980.493	647845.6967	3991567.7733	6.0%	-6.0%
Axe 1 - 50+00.00	5+000.00	976.554	981.306	647853.7388	3991591.4389	5.7%	-5.7%
Axe 1 - 50+25.00	5+025.00	976.779	982.118	647860.1612	3991615.5957	4.0%	-4.0%
Axe 1 - 50+50.00	5+050.00	976.600	982.930	647865.2396	3991640.0719	2.5%	-2.2%
Axe 1 - 50+75.00	5+075.00	976.117	983.743	647869.2976	3991664.7391	2.5%	-0.5%
Axe 1 - 51+00.00	5+100.00	975.309	984.529	647872.6685	3991689.5104	2.5%	1.3%
Axe 1 - 51+25.00	5+125.00	974.796	985.198	647875.6908	3991714.3270	2.5%	2.5%
Axe 1 - 51+50.00	5+150.00	975.269	985.741	647878.6522	3991739.1509	2.5%	2.5%
Axe 1 - 51+75.00	5+175.00	976.007	986.160	647881.6136	3991763.9749	2.5%	2.5%
Axe 1 - 52+00.00	5+200.00	976.338	986.454	647884.5749	3991788.7989	2.5%	2.5%
Axe 1 - 52+25.00	5+225.00	976.619	986.634	647887.5363	3991813.6229	2.5%	2.5%
Axe 1 - 52+50.00	5+250.00	976.355	986.794	647890.4977	3991838.4469	2.5%	2.5%
Axe 1 - 52+75.00	5+275.00	976.420	986.886	647893.4590	3991863.2709	2.5%	2.5%
Axe 1 - 53+00.00	5+300.00	976.219	986.685	647896.4204	3991888.0949	2.5%	2.5%
Axe 1 - 53+25.00	5+325.00	976.072	986.172	647899.3818	3991912.9188	2.5%	2.5%
Axe 1 - 53+50.00	5+350.00	975.588	985.399	647902.3432	3991937.7428	2.5%	2.5%
Axe 1 - 53+75.00	5+375.00	975.913	984.599	647905.3045	3991962.5668	2.5%	2.5%
Axe 1 - 54+00.00	5+400.00	976.031	983.799	647908.2659	3991987.3908	2.5%	2.5%
Axe 1 - 54+25.00	5+425.00	975.760	982.999	647911.2273	3992012.2148	2.5%	2.5%

Axe 1 - 54+50.00	5+450.00	976.443	982.220	647914.1887	3992037.0388	2.5%	2.5%
Axe 1 - 54+75.00	5+475.00	977.240	981.555	647917.1532	3992061.8624	1.9%	2.5%
Axe 1 - 55+00.00	5+500.00	978.121	981.014	647920.2476	3992086.6700	0.4%	2.5%
Axe 1 - 55+25.00	5+525.00	978.870	980.599	647923.7588	3992111.4217	-1.2%	2.5%
Axe 1 - 55+50.00	5+550.00	980.167	980.309	647927.9822	3992136.0610	-2.7%	2.7%
Axe 1 - 55+75.00	5+575.00	981.145	980.144	647933.2082	3992160.5064	-4.3%	4.3%
Axe 1 - 56+00.00	5+600.00	981.935	980.103	647939.7183	3992184.6401	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 56+25.00	5+625.00	982.426	980.188	647947.6985	3992208.3280	-5.5%	5.5%
Axe 1 - 56+50.00	5+650.00	982.565	980.398	647957.0942	3992231.4916	-3.9%	3.9%
Axe 1 - 56+75.00	5+675.00	983.180	980.733	647967.6427	3992254.1550	-2.4%	2.5%
Axe 1 - 57+00.00	5+700.00	982.241	981.183	647979.0506	3992276.3992	-0.8%	2.5%
Axe 1 - 57+25.00	5+725.00	981.469	981.656	647991.0385	3992298.3370	0.7%	2.5%
Axe 1 - 57+50.00	5+750.00	981.108	982.130	648003.3373	3992320.1025	2.3%	2.5%
Axe 1 - 57+75.00	5+775.00	982.280	982.603	648015.7078	3992341.8274	2.5%	2.5%
Axe 1 - 58+00.00	5+800.00	983.122	983.076	648028.0784	3992363.5522	2.5%	2.5%

ANNEXES

CUBATURES

Rapport sur les volumes

Abscisse	S de déblai (m2)	V de déblai (m3)	V réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
0+000.000	57.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+025.000	42.89	1249.12	1249.12	1.79	22.31	1249.12	1249.12	22.31	1226.81
0+050.000	8.97	648.16	648.16	18.79	257.22	1897.28	1897.28	279.53	1617.75
0+075.000	0.05	112.76	112.76	46.73	819.08	2010.04	2010.04	1098.61	911.42
0+100.000	0.00	0.69	0.69	75.53	1528.30	2010.72	2010.72	2626.91	-616.19
0+125.000	0.00	0.00	0.00	96.24	2147.11	2010.72	2010.72	4774.03	-2763.31
0+150.000	0.00	0.00	0.00	133.31	2869.33	2010.72	2010.72	7643.36	-5632.64
0+175.000	0.00	0.00	0.00	181.44	3934.30	2010.72	2010.72	11577.66	-9566.94
0+200.000	0.00	0.00	0.00	202.30	4796.69	2010.72	2010.72	16374.35	-14363.63
0+225.000	0.00	0.00	0.00	227.35	5370.60	2010.72	2010.72	21744.95	-19734.23
0+250.000	0.00	0.00	0.00	232.33	5746.00	2010.72	2010.72	27490.95	-25480.23
0+275.000	0.00	0.00	0.00	226.30	5732.91	2010.72	2010.72	33223.86	-31213.13
0+300.000	0.00	0.00	0.00	231.71	5725.18	2010.72	2010.72	38949.04	-36938.32
0+325.000	0.00	0.00	0.00	232.53	5802.99	2010.72	2010.72	44752.03	-42741.31
0+350.000	0.00	0.00	0.00	225.81	5729.23	2010.72	2010.72	50481.26	-48470.54
0+375.000	0.00	0.00	0.00	224.19	5625.03	2010.72	2010.72	56106.29	-54095.57
0+400.000	0.00	0.00	0.00	227.17	5641.98	2010.72	2010.72	61748.27	-59737.55
0+425.000	0.00	0.00	0.00	231.10	5728.34	2010.72	2010.72	67476.61	-65465.89
0+450.000	0.00	0.00	0.00	237.40	5856.26	2010.72	2010.72	73332.87	-71322.14
0+475.000	0.00	0.00	0.00	244.13	6019.19	2010.72	2010.72	79352.06	-77341.34
0+500.000	0.00	0.00	0.00	231.91	5950.59	2010.72	2010.72	85302.65	-83291.92
0+525.000	0.00	0.00	0.00	207.02	5486.72	2010.72	2010.72	90789.37	-88778.65
0+550.000	0.00	0.00	0.00	152.98	4500.10	2010.72	2010.72	95289.46	-93278.74
0+575.000	0.00	0.00	0.00	104.42	3217.56	2010.72	2010.72	98507.02	-96496.30
0+600.000	0.00	0.00	0.00	50.96	1942.33	2010.72	2010.72	100449.36	-98438.63
0+625.000	18.88	235.97	235.97	0.00	637.06	2246.69	2246.69	101086.42	-98839.73
0+650.000	85.18	1300.76	1300.76	0.00	0.00	3547.46	3547.46	101086.42	-97538.96
0+675.000	140.05	2815.43	2815.43	0.00	0.00	6362.88	6362.88	101086.42	-94723.54
0+700.000	169.84	3873.67	3873.67	0.00	0.00	10236.55	10236.55	101086.42	-90849.87
0+725.000	168.93	4224.31	4224.31	0.00	0.00	14460.86	14460.86	101086.42	-86625.56
0+750.000	178.56	4319.73	4319.73	0.00	0.00	18780.59	18780.59	101086.42	-82305.83
0+775.000	169.48	4309.04	4309.04	0.00	0.00	23089.62	23089.62	101086.42	-77996.79
0+800.000	188.22	4416.58	4416.58	0.00	0.00	27506.20	27506.20	101086.42	-73580.22
0+825.000	227.81	5130.51	5130.51	0.00	0.00	32636.71	32636.71	101086.42	-68449.71
0+850.000	282.39	6286.60	6286.60	0.00	0.00	38923.31	38923.31	101086.42	-62163.11
0+875.000	324.27	7488.70	7488.70	0.00	0.00	46412.01	46412.01	101086.42	-54674.41
0+900.000	362.34	8510.39	8510.39	0.00	0.00	54922.40	54922.40	101086.42	-46164.01
0+925.000	256.68	7679.13	7679.13	0.00	0.00	62601.53	62601.53	101086.42	-38484.89

0+950.000	170.59	5286.09	5286.09	0.00	0.00	67887.62	67887.62	101086.42	-33198.80
0+975.000	119.45	3580.54	3580.54	0.00	0.00	71468.16	71468.16	101086.42	-29618.26
1+000.000	94.37	2639.25	2639.25	0.00	0.00	74107.41	74107.41	101086.42	-26979.01
1+025.000	82.54	2186.05	2186.05	0.00	0.00	76293.47	76293.47	101086.42	-24792.95
1+050.000	50.48	1649.39	1649.39	0.00	0.00	77942.85	77942.85	101086.42	-23143.56
1+075.000	16.82	836.54	836.54	4.19	53.01	78779.39	78779.39	101139.42	-22360.03
1+100.000	0.14	211.92	211.92	40.31	556.29	78991.31	78991.31	101695.71	-22704.40
1+125.000	0.00	1.69	1.69	99.86	1752.17	78993.00	78993.00	103447.88	-24454.88
1+150.000	0.00	0.00	0.00	138.96	2985.35	78993.00	78993.00	106433.23	-27440.23
1+175.000	0.00	0.00	0.00	120.03	3237.39	78993.00	78993.00	109670.62	-30677.62
1+200.000	0.00	0.00	0.00	87.57	2594.94	78993.00	78993.00	112265.56	-33272.55
1+225.000	0.66	8.20	8.20	58.96	1831.57	79001.20	79001.20	114097.13	-35095.93
1+250.000	7.30	99.46	99.46	38.59	1219.41	79100.66	79100.66	115316.54	-36215.87
1+275.000	31.48	484.75	484.75	8.55	589.29	79585.42	79585.42	115905.83	-36320.41
1+300.000	94.74	1577.78	1577.78	0.33	110.97	81163.20	81163.20	116016.80	-34853.60
1+325.000	189.71	3555.66	3555.66	0.06	4.84	84718.86	84718.86	116021.64	-31302.78
1+350.000	159.52	4365.40	4365.40	0.36	5.29	89084.26	89084.26	116026.93	-26942.67
1+375.000	137.64	3714.51	3714.51	0.95	16.37	92798.77	92798.77	116043.31	-23244.54
1+400.000	124.82	3224.45	3224.45	0.65	20.51	96023.21	96023.21	116063.82	-20040.60
1+425.000	99.00	2715.80	2715.80	1.78	31.90	98739.02	98739.02	116095.71	-17356.69
1+450.000	57.03	1891.02	1891.02	4.49	81.98	100630.03	100630.03	116177.69	-15547.66
1+475.000	79.69	1654.36	1654.36	4.01	111.01	102284.39	102284.39	116288.70	-14004.31
1+500.000	171.76	3068.03	3068.03	0.00	52.43	105352.42	105352.42	116341.13	-10988.72
1+525.000	281.96	5561.60	5561.60	0.00	0.00	110914.02	110914.02	116341.13	-5427.11
1+550.000	356.18	7836.94	7836.94	0.00	0.00	118750.96	118750.96	116341.13	2409.82
1+575.000	451.48	9937.97	9937.97	0.00	0.00	128688.92	128688.92	116341.13	12347.79
1+600.000	549.72	12341.66	12341.66	0.00	0.00	141030.58	141030.58	116341.13	24689.45
1+625.000	578.76	13942.41	13942.41	0.00	0.00	154973.00	154973.00	116341.13	38631.86
1+650.000	552.06	14060.88	14060.88	0.00	0.00	169033.88	169033.88	116341.13	52692.74
1+675.000	503.65	13196.49	13196.49	0.00	0.00	182230.37	182230.37	116341.13	65889.24
1+700.000	373.15	10960.10	10960.10	0.00	0.00	193190.47	193190.47	116341.13	76849.34
1+725.000	284.20	8216.89	8216.89	0.00	0.00	201407.36	201407.36	116341.13	85066.23
1+750.000	167.09	5641.11	5641.11	0.00	0.00	207048.47	207048.47	116341.13	90707.34
1+775.000	115.88	3537.16	3537.16	0.00	0.00	210585.63	210585.63	116341.13	94244.50
1+800.000	30.26	1826.78	1826.78	0.00	0.00	212412.41	212412.41	116341.13	96071.28
1+825.000	0.00	378.27	378.27	47.99	599.85	212790.69	212790.69	116940.98	95849.71
1+850.000	0.32	4.01	4.01	89.88	1723.29	212794.70	212794.70	118664.27	94130.43
1+875.000	0.00	4.01	4.01	172.12	3274.89	212798.71	212798.71	121939.17	90859.55
1+900.000	0.00	0.00	0.00	243.35	5193.30	212798.71	212798.71	127132.47	85666.25
1+925.000	0.00	0.00	0.00	337.19	7261.00	212798.71	212798.71	134393.46	78405.25
1+950.000	0.00	0.00	0.00	398.56	9196.95	212798.71	212798.71	143590.41	69208.30
1+975.000	0.00	0.00	0.00	426.26	10310.28	212798.71	212798.71	153900.69	58898.02
2+000.000	0.00	0.00	0.00	455.30	11019.51	212798.71	212798.71	164920.20	47878.52

2+025.000	0.00	0.00	0.00	486.87	11777.10	212798.71	212798.71	176697.30	36101.42
2+050.000	0.00	0.00	0.00	466.07	11927.55	212798.71	212798.71	188624.85	24173.86
2+075.000	0.00	0.00	0.00	434.57	11313.93	212798.71	212798.71	199938.78	12859.93
2+100.000	0.00	0.00	0.00	348.58	9856.13	212798.71	212798.71	209794.92	3003.79
2+125.000	0.00	0.00	0.00	273.36	7812.12	212798.71	212798.71	217607.04	-4808.33
2+150.000	0.00	0.00	0.00	274.76	6866.62	212798.71	212798.71	224473.67	-11674.96
2+175.000	0.00	0.00	0.00	440.64	8965.34	212798.71	212798.71	233439.01	-20640.29
2+200.000	0.00	0.00	0.00	358.10	9985.89	212798.71	212798.71	243424.89	-30626.18
2+225.000	0.00	0.00	0.00	125.89	6031.21	212798.71	212798.71	249456.11	-36657.40
2+250.000	21.65	269.57	269.57	0.00	1568.69	213068.29	213068.29	251024.79	-37956.51
2+275.000	104.39	1570.31	1570.31	0.00	0.04	214638.60	214638.60	251024.83	-36386.24
2+300.000	170.21	3421.42	3421.42	0.00	0.00	218060.01	218060.01	251024.83	-32964.82
2+325.000	193.13	4522.58	4522.58	0.00	0.00	222582.59	222582.59	251024.83	-28442.24
2+350.000	194.66	4822.27	4822.27	0.00	0.00	227404.86	227404.86	251024.83	-23619.97
2+375.000	0.00	2420.38	2420.38	0.00	0.00	229825.24	229825.24	251024.83	-21199.59
2+400.000	200.77	2496.29	2496.29	0.00	0.00	232321.53	232321.53	251024.83	-18703.30
2+425.000	206.55	5064.39	5064.39	0.00	0.00	237385.92	237385.92	251024.83	-13638.91
2+450.000	214.78	5241.84	5241.84	0.00	0.00	242627.76	242627.76	251024.83	-8397.07
2+475.000	223.65	5480.37	5480.37	0.00	0.00	248108.13	248108.13	251024.83	-2916.70
2+500.000	230.58	5677.87	5677.87	0.00	0.00	253786.01	253786.01	251024.83	2761.18
2+525.000	234.67	5815.61	5815.61	0.00	0.00	259601.62	259601.62	251024.83	8576.79
2+550.000	235.87	5881.67	5881.67	0.00	0.00	265483.28	265483.28	251024.83	14458.45
2+575.000	233.78	5870.55	5870.55	0.00	0.00	271353.84	271353.84	251024.83	20329.01
2+600.000	229.17	5786.79	5786.79	0.00	0.00	277140.63	277140.63	251024.83	26115.80
2+625.000	224.54	5671.27	5671.27	0.00	0.00	282811.90	282811.90	251024.83	31787.07
2+650.000	219.92	5555.73	5555.73	0.00	0.00	288367.63	288367.63	251024.83	37342.80
2+675.000	215.32	5440.52	5440.52	0.00	0.00	293808.15	293808.15	251024.83	42783.32
2+700.000	210.73	5325.65	5325.65	0.00	0.00	299133.80	299133.80	251024.83	48108.97
2+725.000	203.09	5172.73	5172.73	0.00	0.00	304306.53	304306.53	251024.83	53281.70
2+750.000	186.66	4871.88	4871.88	0.00	0.00	309178.41	309178.41	251024.83	58153.58
2+775.000	159.40	4325.81	4325.81	0.00	0.00	313504.22	313504.22	251024.83	62479.39
2+800.000	81.71	3013.90	3013.90	0.00	0.00	316518.12	316518.12	251024.83	65493.29
2+825.000	0.00	1021.38	1021.38	36.13	451.68	317539.49	317539.49	251476.51	66062.98
2+850.000	0.00	0.00	0.00	92.19	1604.06	317539.49	317539.49	253080.57	64458.92
2+875.000	0.00	0.00	0.00	144.86	2963.18	317539.49	317539.49	256043.75	61495.75
2+900.000	0.00	0.00	0.00	190.07	4186.68	317539.49	317539.49	260230.43	57309.07
2+925.000	0.00	0.00	0.00	227.64	5221.41	317539.49	317539.49	265451.84	52087.66
2+950.000	0.00	0.00	0.00	252.98	6007.73	317539.49	317539.49	271459.57	46079.93
2+975.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	317539.49	317539.49	271459.57	46079.93
3+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	317539.49	317539.49	271459.57	46079.93
3+025.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	317539.49	317539.49	271459.57	46079.93
3+050.000	0.00	0.00	0.00	343.04	0.00	317539.49	317539.49	271459.57	46079.93
3+075.000	0.00	0.00	0.00	361.93	8812.17	317539.49	317539.49	280271.74	37267.76

3+100.000	0.00	0.00	0.00	375.62	9219.44	317539.49	317539.49	289491.18	28048.31
3+125.000	0.00	0.00	0.00	384.24	9498.29	317539.49	317539.49	298989.47	18550.02
3+150.000	0.00	0.00	0.00	377.63	9523.41	317539.49	317539.49	308512.88	9026.61
3+175.000	0.00	0.00	0.00	366.99	9307.77	317539.49	317539.49	317820.65	-281.16
3+200.000	0.00	0.00	0.00	359.35	9079.23	317539.49	317539.49	326899.88	-9360.39
3+225.000	0.00	0.00	0.00	348.94	8853.60	317539.49	317539.49	335753.48	-18213.99
3+250.000	0.00	0.00	0.00	315.39	8304.07	317539.49	317539.49	344057.55	-26518.06
3+275.000	0.00	0.00	0.00	293.48	7610.84	317539.49	317539.49	351668.39	-34128.90
3+300.000	0.00	0.00	0.00	240.16	6670.51	317539.49	317539.49	358338.89	-40799.40
3+325.000	0.00	0.00	0.00	166.46	5082.78	317539.49	317539.49	363421.67	-45882.18
3+350.000	0.00	0.00	0.00	91.09	3219.44	317539.49	317539.49	366641.11	-49101.62
3+375.000	0.00	0.00	0.00	25.58	1458.47	317539.49	317539.49	368099.58	-50560.08
3+400.000	34.21	427.57	427.57	0.00	319.81	317967.06	317967.06	368419.39	-50452.33
3+425.000	67.43	1270.43	1270.43	0.00	0.00	319237.49	319237.49	368419.39	-49181.90
3+450.000	88.58	1950.14	1950.14	0.00	0.00	321187.63	321187.63	368419.39	-47231.76
3+475.000	107.62	2452.48	2452.48	0.00	0.00	323640.11	323640.11	368419.39	-44779.28
3+500.000	124.42	2900.42	2900.42	0.00	0.00	326540.53	326540.53	368419.39	-41878.85
3+525.000	140.60	3312.71	3312.71	0.00	0.00	329853.25	329853.25	368419.39	-38566.14
3+550.000	158.83	3742.85	3742.85	0.00	0.00	333596.09	333596.09	368419.39	-34823.29
3+575.000	166.02	4060.61	4060.61	0.00	0.00	337656.70	337656.70	368419.39	-30762.69
3+600.000	167.78	4172.51	4172.51	0.00	0.00	341829.21	341829.21	368419.39	-26590.18
3+625.000	180.99	4359.57	4359.57	0.00	0.00	346188.78	346188.78	368419.39	-22230.61
3+650.000	201.80	4784.87	4784.87	0.00	0.00	350973.65	350973.65	368419.39	-17445.74
3+675.000	222.71	5306.38	5306.38	0.00	0.00	356280.03	356280.03	368419.39	-12139.36
3+700.000	239.53	5777.94	5777.94	0.00	0.00	362057.97	362057.97	368419.39	-6361.42
3+725.000	250.36	6123.67	6123.67	0.00	0.00	368181.63	368181.63	368419.39	-237.75
3+750.000	246.99	6216.93	6216.93	0.00	0.00	374398.57	374398.57	368419.39	5979.18
3+775.000	221.74	5859.19	5859.19	0.00	0.00	380257.76	380257.76	368419.39	11838.37
3+800.000	196.53	5228.40	5228.40	0.00	0.00	385486.16	385486.16	368419.39	17066.77
3+825.000	161.21	4471.75	4471.75	0.00	0.00	389957.90	389957.90	368419.39	21538.52
3+850.000	125.49	3583.77	3583.77	0.00	0.00	393541.67	393541.67	368419.39	25122.28
3+875.000	93.96	2743.09	2743.09	0.00	0.00	396284.76	396284.76	368419.39	27865.37
3+900.000	71.54	2068.77	2068.77	0.00	0.00	398353.52	398353.52	368419.39	29934.14
3+925.000	50.37	1520.65	1520.65	0.00	0.00	399874.17	399874.17	368419.39	31454.78
3+950.000	28.58	981.63	981.63	0.00	0.00	400855.80	400855.80	368419.39	32436.41
3+975.000	18.86	585.61	585.61	2.80	35.70	401441.41	401441.41	368455.09	32986.32
4+000.000	19.85	473.54	473.54	5.29	103.61	401914.95	401914.95	368558.70	33356.26
4+025.000	36.69	690.99	690.99	1.02	81.12	402605.94	402605.94	368639.81	33966.13
4+050.000	70.58	1320.35	1320.35	0.00	13.18	403926.29	403926.29	368652.99	35273.30
4+075.000	94.17	2035.28	2035.28	0.00	0.00	405961.57	405961.57	368652.99	37308.58
4+100.000	108.31	2505.40	2505.40	0.00	0.00	408466.97	408466.97	368652.99	39813.98
4+125.000	131.37	2974.92	2974.92	0.00	0.00	411441.90	411441.90	368652.99	42788.90
4+150.000	154.23	3558.64	3558.64	0.00	0.00	415000.53	415000.53	368652.99	46347.54
4+175.000	168.81	4036.01	4036.01	0.00	0.00	419036.55	419036.55	368652.99	50383.55
4+200.000	28.47	2467.60	2467.60	0.00	0.00	421504.15	421504.15	368652.99	52851.15

4+225.000	0.00	355.93	355.93	117.40	1467.53	421860.07	421860.07	370120.53	51739.55
4+250.000	0.00	0.00	0.00	190.56	3849.53	421860.07	421860.07	373970.06	47890.01
4+275.000	0.00	0.00	0.00	143.26	4172.70	421860.07	421860.07	378142.76	43717.32
4+300.000	0.00	0.00	0.00	95.37	2982.86	421860.07	421860.07	381125.61	40734.46
4+325.000	0.00	0.00	0.00	83.53	2236.34	421860.07	421860.07	383361.95	38498.12
4+350.000	0.00	0.00	0.00	78.81	2029.35	421860.07	421860.07	385391.30	36468.78
4+375.000	0.00	0.00	0.00	49.70	1606.41	421860.07	421860.07	386997.71	34862.37
4+400.000	0.00	0.00	0.00	61.79	1393.58	421860.07	421860.07	388391.28	33468.79
4+425.000	0.00	0.00	0.00	43.06	1310.61	421860.07	421860.07	389701.89	32158.18
4+450.000	1.01	12.58	12.58	19.44	781.25	421872.66	421872.66	390483.14	31389.51
4+475.000	9.61	132.70	132.70	1.26	258.78	422005.35	422005.35	390741.92	31263.43
4+500.000	28.04	470.66	470.66	0.12	17.33	422476.02	422476.02	390759.25	31716.76
4+525.000	30.85	736.22	736.22	0.37	6.17	423212.24	423212.24	390765.42	32446.82
4+550.000	25.27	701.57	701.57	1.12	18.59	423913.81	423913.81	390784.01	33129.80
4+575.000	0.00	315.90	315.90	27.16	353.42	424229.71	424229.71	391137.43	33092.28
4+600.000	0.00	0.00	0.00	81.53	1358.61	424229.71	424229.71	392496.04	31733.67
4+625.000	0.00	0.00	0.00	68.41	1874.21	424229.71	424229.71	394370.24	29859.47
4+650.000	0.00	0.00	0.00	42.54	1386.79	424229.71	424229.71	395757.04	28472.67
4+675.000	1.06	13.24	13.24	9.31	648.06	424242.95	424242.95	396405.10	27837.85
4+700.000	26.50	344.11	344.11	0.00	116.60	424587.06	424587.06	396521.70	28065.36
4+725.000	52.39	984.70	984.70	0.00	0.00	425571.76	425571.76	396521.70	29050.06
4+750.000	85.41	1716.08	1716.08	0.00	0.00	427287.84	427287.84	396521.70	30766.14
4+775.000	77.58	2022.94	2022.94	0.00	0.00	429310.78	429310.78	396521.70	32789.08
4+800.000	58.07	1679.36	1679.36	0.00	0.00	430990.14	430990.14	396521.70	34468.44
4+825.000	54.01	1386.43	1386.43	0.00	0.00	432376.57	432376.57	396521.70	35854.87
4+850.000	44.83	1220.49	1220.49	0.00	0.00	433597.06	433597.06	396521.70	37075.36
4+875.000	18.31	775.35	775.35	5.03	64.87	434372.41	434372.41	396586.57	37785.84
4+900.000	1.95	245.85	245.85	27.18	412.08	434618.27	434618.27	396998.65	37619.62
4+925.000	0.00	23.36	23.36	73.37	1273.45	434641.63	434641.63	398272.09	36369.54
4+950.000	0.00	0.00	0.00	107.62	2282.31	434641.63	434641.63	400554.41	34087.22
4+975.000	0.00	0.00	0.00	112.98	2776.22	434641.63	434641.63	403330.63	31311.00
5+000.000	0.00	0.00	0.00	129.37	3046.46	434641.63	434641.63	406377.09	28264.54
5+025.000	0.00	0.00	0.00	151.57	3526.58	434641.63	434641.63	409903.66	24737.97
5+050.000	0.00	0.00	0.00	189.81	4279.42	434641.63	434641.63	414183.09	20458.54
5+075.000	0.00	0.00	0.00	239.60	5376.81	434641.63	434641.63	419559.90	15081.73
5+100.000	0.00	0.00	0.00	309.81	6874.40	434641.63	434641.63	426434.29	8207.34
5+125.000	0.00	0.00	0.00	364.73	8431.69	434641.63	434641.63	434865.98	-224.35
5+150.000	0.00	0.00	0.00	372.20	9211.59	434641.63	434641.63	444077.57	-9435.94
5+175.000	0.00	0.00	0.00	351.26	9043.23	434641.63	434641.63	453120.80	-18479.17
5+200.000	0.00	0.00	0.00	348.42	8745.98	434641.63	434641.63	461866.78	-27225.15
5+225.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	434641.63	434641.63	461866.78	-27225.15
5+250.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	434641.63	434641.63	461866.78	-27225.15
5+275.000	0.00	0.00	0.00	373.98	0.00	434641.63	434641.63	461866.78	-27225.15
5+300.000	0.00	0.00	0.00	372.53	9331.29	434641.63	434641.63	471198.07	-36556.44
5+325.000	0.00	0.00	0.00	361.33	9173.16	434641.63	434641.63	480371.23	-45729.60

5+350.000	0.00	0.00	0.00	344.48	8822.54	434641.63	434641.63	489193.78	-54552.15
5+375.000	0.00	0.00	0.00	300.49	8062.10	434641.63	434641.63	497255.87	-62614.24
5+400.000	0.00	0.00	0.00	256.78	6965.83	434641.63	434641.63	504221.70	-69580.07
5+425.000	0.00	0.00	0.00	222.75	5994.02	434641.63	434641.63	510215.73	-75574.10
5+450.000	0.00	0.00	0.00	165.53	4853.49	434641.63	434641.63	515069.22	-80427.59
5+475.000	0.00	0.00	0.00	112.55	3475.98	434641.63	434641.63	518545.20	-83903.57
5+500.000	0.00	0.00	0.00	61.09	2170.43	434641.63	434641.63	520715.62	-86073.99
5+525.000	0.00	0.00	0.00	21.04	1026.69	434641.63	434641.63	521742.31	-87100.68
5+550.000	30.19	376.55	376.55	0.00	263.27	435018.18	435018.18	522005.58	-86987.40
5+575.000	72.12	1276.05	1276.05	0.00	0.00	436294.23	436294.23	522005.58	-85711.35
5+600.000	107.54	2240.86	2240.86	0.00	0.00	438535.09	438535.09	522005.58	-83470.49
5+625.000	132.22	2991.42	2991.42	0.00	0.00	441526.51	441526.51	522005.58	-80479.07
5+650.000	131.48	3295.37	3295.37	0.00	0.00	444821.88	444821.88	522005.58	-77183.71
5+675.000	125.93	3221.62	3221.62	0.00	0.00	448043.50	448043.50	522005.58	-73962.08
5+700.000	77.57	2547.24	2547.24	0.00	0.00	450590.74	450590.74	522005.58	-71414.84
5+725.000	36.75	1431.06	1431.06	0.00	0.00	452021.80	452021.80	522005.58	-69983.78
5+750.000	7.62	554.67	554.67	0.24	3.00	452576.48	452576.48	522008.58	-69432.10
5+775.000	20.23	348.12	348.12	0.00	3.00	452924.59	452924.59	522011.58	-69086.98
5+800.000	39.17	742.50	742.50	0.00	0.00	**453667.09**	453667.09	**522011.58**	-68344.49