République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

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 tronçon du dédoublement de la RN01 sur la route de l'unité africaine, sur un tronçon de 10km dans la wilaya de Ghardaïa du (PK621+000 au PK631+000) avec l'aménagement d'un échangeur.

Présenté par :

SAITI OUSSAMA

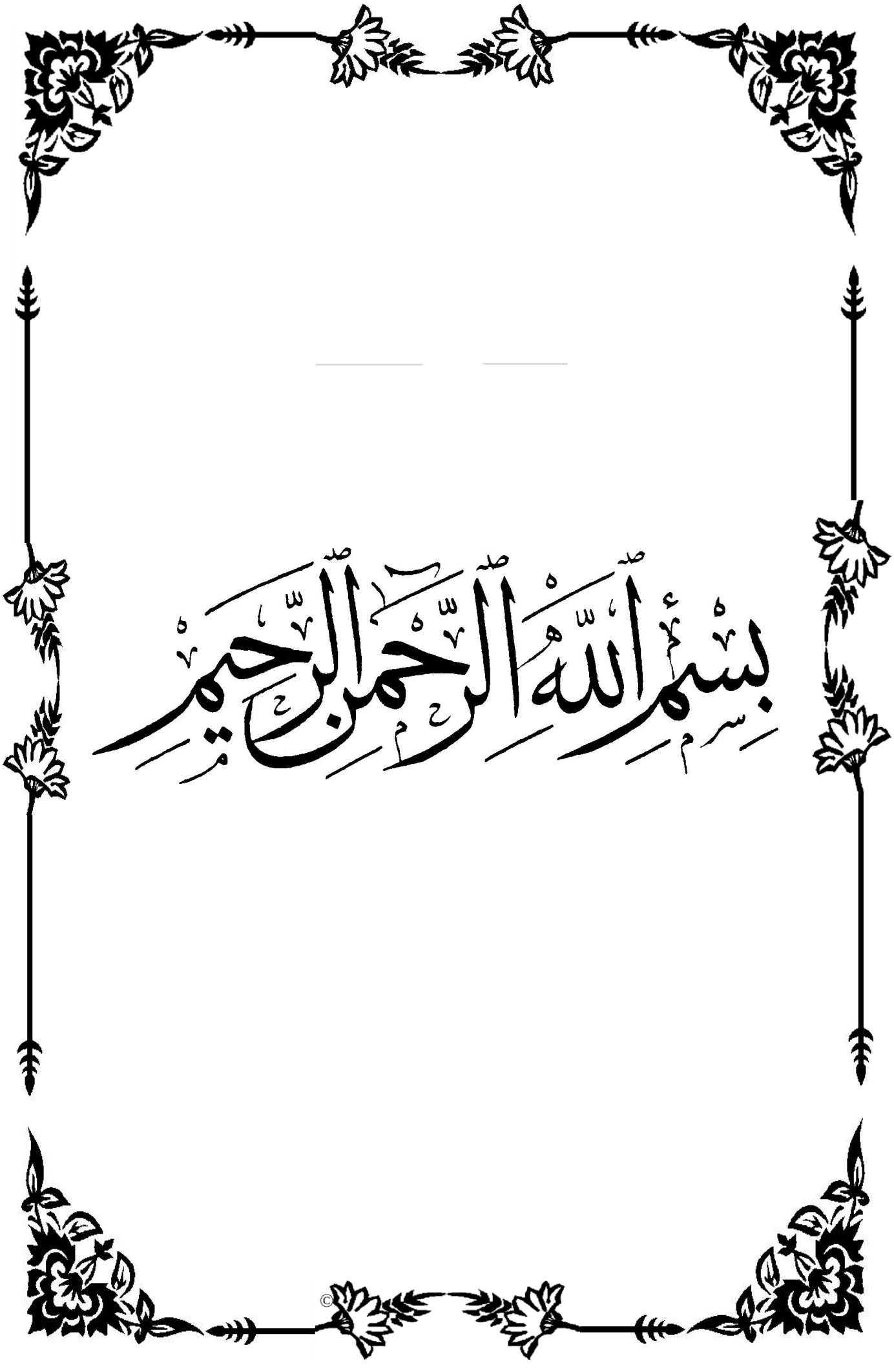
MERDJANI SOUHA

Encadré par :

Mr.HOUICHITI MOHAMMED

Promotion 2025/2026

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Avant tout, nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la santé, la patience, le courage et la persévérance nécessaires pour mener à terme ce travail. Sans Sa volonté, ce projet n'aurait pu être réalisé.

Au terme de ce mémoire de fin d'études, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

Nous adressons tout particulièrement nos remerciements à notre encadreur, Mr.HOUICHITI MOHAMMED et le CO/ Mr.BENBOUZID MOHAMMED LAKHDAR , pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son soutien constant, sa rigueur scientifique ainsi que pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail durant toutes les étapes de sa réalisation. Ses orientations et ses remarques constructives ont été d'une grande importance pour l'aboutissement de ce projet.

Nous tenons également à remercier les membres du jury qui nous font l'honneur d'accepter d'examiner et d'évaluer ce mémoire. Nous leur sommes reconnaissants pour le temps qu'ils consacrent à la lecture de ce travail ainsi que pour leurs observations et suggestions qui contribueront à son amélioration.

Nos vifs remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du département des Travaux Publics qui ont assuré notre formation durant toutes ces années d'études. Grâce à leurs compétences, leur dévouement et leur savoir-faire, nous avons acquis les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à l'exercice de notre future profession.

Nous remercions aussi le personnel de la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Ghardaïa pour les documents, informations et orientations techniques mis à notre disposition dans le cadre de cette étude.

Nous exprimons également notre reconnaissance à tous nos collègues et amis qui nous ont soutenus, encouragés et accompagnés tout au long de notre parcours universitaire. Leur aide et leurs conseils ont constitué une source de motivation précieuse.

Enfin, nous adressons nos plus profonds remerciements à nos chers parents et à nos familles pour leur amour, leur soutien moral et matériel, leur patience et les nombreux sacrifices consentis tout au long de nos études. Leur confiance et leurs encouragements permanents ont été la clé de notre réussite.

À toutes les personnes qui ont participé, directement ou indirectement, à la réalisation de ce mémoire et que nous n'avons pas pu citer individuellement, nous adressons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude.

Merci à tous.

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله تتحقق الأمنيات، أحمده سبحانه وأشكره على ما أنعم به عليّ من توفيق وصبر وقوة حتى أتممت هذا العمل المتواضع.

إلى أمي الحبيبة...

إلى القلب الذي أحبني دون شروط، إلى اليد التي أمسكت بيدي في كل مراحل حياتي، إلى من كانت دعواتها ترافقني في كل خطوة أخطوها.

أمي الغالية، مهما كتبت من كلمات فلن أستطيع أن أوفيك حقك، فأنتِ مصدر الحنان والأمان، وأنتِ أول من آمن بي وشجعني على مواصلة الطريق. كنتِ السند في أوقات التعب، والنور الذي يضيء دربي كلما أظلمت الأيام.

أسأل الله أن يحفظكِ لي، وأن يديم عليكِ الصحة والعافية، وأن يجعلني دائماً سبباً في سعادتك وفخرك.

إلى أبي العزيز...

إلى الرجل الذي علمني أن النجاح يحتاج إلى الصبر والعمل، إلى من بذل جهده وتعبه من أجل أن يراني أصل إلى ما أطمح إلي

أبي الغالي، شكراً لك على كل تضحية قدمتها من أجلي، وعلى كل كلمة تشجيع منحتني القوة والعزيمة. أسأل الله أن يبارك في عمرك، وأن يجزيك عني خير الجزاء

إلى أختي العزيزة شهيناز...

إلى رفيقة أيامي وأجمل ذكرياتي، إلى من كانت قريبة من قلبي في كل المواقف، تشاركني الفرح والحزن، وتمنحني الدعم والمحبة دون مقابل.

شهيناز، وجودك في حياتي نعمة كبيرة، أسأل الله أن يحفظك وأن يرزقك السعادة والتو

ولا يفوتني أن أهدي هذا العمل إلى ابنة أختي الغالية **ريتال**، تلك الطفلة الجميلة التي تملأ القلوب فرحاً وبراءة

إلى ريتال، ضحكتكِ الصغيرة كانت دائماً قادرة على رسم الابتسامة على وجهي في أصعب الأوقات، وأتمنى أن تكبري وتحققي كل أحلامكِ، وأن أراكِ دائماً ناجحة وسعيدة ومتفوقة في حياتك

.حفظكِ الله ورعاكِ وجعلكِ قرة عين لوالديكِ، وأدام عليكِ الصحة والسعادة والهناء

فيق في كل خطواتك

...إلى أخي الغالي نزيم

رغم بعد المسافات ومرارة الغربة، بقيت قريباً من قلبي في كل لحظة. كنت دائماً أخاً وسنداً أفتخر به، ومهما فرقتنا المسافات تبقى مكانتك محفوظة في القلب.

أسأل الله أن يحفظك في غربتك، وأن يوفقك في حياتك، وأن يجمعنا دائماً على الخير والمحبة والفرح

...إلى عائلتي الكريمة

إلى كل أفراد عائلتي الذين كانوا مصدر دعم ومحبة طوال مسيرتي الدراسية، شكراً لكم على وقوفكم إلى جانبي وعلى كل لحظة تشجيع. ومساندة

... إلى زميلي في المشروع، سيتي أسامة

أشكرك على روح التعاون والجدية التي أبديتها طوال فترة إنجاز هذا العمل. لقد كان لتنسيقنا وتبادل الأفكار دور مهم في الوصول .إلى هذا الإنجاز

.أتمنى لك المزيد من النجاح والتوفيق في حياتك العلمية والمهنية، وأن يكون هذا العمل بداية لمسيرة مليئة بالإنجازات

...إلى نفسي

...إلى سهى

إلى تلك الفتاة التي لم تستسلم رغم الصعوبات، والتي واصلت السير بثبات رغم التعب والتحديات. إلى التي آمنت بأن الأحلام .تستحق السعي والاجتهاد، وأن النجاح يأتي بعد الصبر

أقول لكِ اليوم: لقد وصلتِ إلى محطة جميلة من رحلتك، فكوني فخورة بنفسك وبكل ما حققته، والأجمل ما يزال في الطريق بإذن الله

سهى

إلى والديّ العزيزين، اللذين كانا سندي وداعمي الأول في مسيرتي الدراسية، وإلى إخوتي وأخواتي وكل أفراد عائلتي الكريمة الذين أحاطوني بالمحبة والتشجيع والدعاء.

أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل من ساهم في دعمي ومساندتي، وكان له أثر في بلوغي هذه المرحلة من حياتي العلمية.

وأتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ المشرف *محمد حويشيتي*، على توجيهاته القيمة ونصائحه السديدة ومتابعته المستمرة، والتي كان لها الأثر الكبير في إنجاز هذا المشروع.

كما أتوجه بالشكر إلى زميلتي مرجاني سهى على تعاونها الجاد، وجهودها المبذولة، وروح العمل الجماعي التي تحلت بها طوال فترة إنجاز المشروع.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر إلى جميع أساتذتي الكرام الذين ساهموا في تكويني العلمي، وإلى أصدقائي وزملائي الذين رافقوني خلال سنوات الدراسة.

وفي هذه المناسبة، نسأل الله تعالى أن يوفقنا لما فيه الخير والنجاح، وأن يجعل هذا العمل خالصًا لوجهه الكريم، ونافعًا لنا في مستقبلنا العلمي والمهني.

شكراً لكل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا العمل، ولكل من قدم لي الدعم والتشجيع طوال هذه المسيرة

أسامة

ملخص

يتناول مشروع التخرج هذا دراسة **ازدواجية الطريق الوطني رقم 01** على طول **(RN01)** بين **10**إلى **طريق مزدوج 2×2 مسارات** **كلم**، بولاية **غرداية** **PK 631+000**و **PK 621+000 النقطة الكيلومترية**.

يهدف المشروع إلى تحسين ظروف السير، وزيادة قدرة استيعاب الطريق، ورفع مستوى السلامة المرورية لمستعملي هذا المحور الهام الذي يربط شمال الجزائر بجنوبها.

بدأت الدراسة بتحليل حركة المرور الحالية والمتوقعة خلال أفق زمني قدره 20 سنة، مما سمح بتحديد الخصائص الهندسية للطريق وأبعاد هيكل الرصف. كما أُنجزت دراسة جيولوجية وجيوتقنية للتعرف على طبيعة التربة والخصائص الميكانيكية للطبقات المكونة لها.

شملت الدراسة كذلك التصميم الهندسي للطريق من خلال إعداد المخطط الأفقي، والملف الطولي، والمقاطع العرضية وفق المعايير المعتمدة في تصميم الطرق. كما تم إجراء دراسة هيدروليكية وتصميم منشآت الصرف الصحي لتصريف مياه الأمطار وحماية الطريق من أخطار الفيضانات.

والتحقق من النتائج بواسطة برنامج **(CTTP)** تم تصميم هيكل الرصف بالاعتماد على **دليل تصميم الطرق الجزائري** **ALIZÉ-LCPC**. كما تناول المشروع دراسة الإشارات المرورية الأفقية والعمودية، وتقييم الآثار البيئية للمشروع، إضافة إلى إعداد الكشف الكمي والتقديري للأشغال.

وأظهرت النتائج أن مشروع ازدواجية الطريق الوطني رقم 01 يمثل حلاً مناسباً لاستيعاب النمو المستقبلي لحركة المرور والمساهمة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية لولاية غرداية.

الكلمات المفتاحية

الطريق الوطني رقم 01، غرداية، ازدواجية الطريق، 2×2 مسارات، حركة المرور، تصميم الرصف، الجيوتقنية، الصرف الصحي، CTTP، ALIZÉ-LCPC.

Résumé

Ce projet de fin d'études porte sur l'étude du dédoublement de la Route Nationale n°01 (RN01) en **2×2 voies** sur un tronçon de **10 km**, situé entre le **PK 621+000 et le PK 631+000**, dans la wilaya de **Ghardaïa**.

L'objectif principal de ce projet est d'améliorer les conditions de circulation, d'augmenter la capacité de la route et de renforcer la sécurité des usagers sur cet axe stratégique reliant le nord et le sud de l'Algérie.

L'étude a débuté par une analyse du trafic routier afin d'évaluer les flux actuels et futurs à l'horizon de 20 ans. Les résultats obtenus ont permis de déterminer les caractéristiques géométriques de la route ainsi que le dimensionnement du corps de chaussée. Une étude géologique et géotechnique a ensuite été réalisée afin d'identifier la nature des terrains traversés et les caractéristiques du sol support.

Le projet comprend également la conception géométrique de la route à travers l'élaboration du tracé en plan, du profil en long et des profils en travers, conformément aux normes routières en vigueur. Une étude hydraulique et d'assainissement a été menée pour assurer l'évacuation efficace des eaux pluviales et protéger les infrastructures contre les risques d'inondation.

Le dimensionnement de la chaussée a été effectué selon le catalogue algérien des chaussées neuves (CTTP) et vérifié à l'aide du logiciel ALIZÉ-LCPC. L'étude a été complétée par l'élaboration de la signalisation routière horizontale et verticale, l'évaluation des impacts environnementaux du projet ainsi que l'établissement du devis quantitatif et estimatif.

Les résultats obtenus montrent que le projet de dédoublement de la RN01 constitue une solution adaptée pour répondre à l'évolution du trafic et contribuer au développement économique et social de la région de Ghardaïa.

Mots-clés : RN01, Ghardaïa, dédoublement, 2×2 voies, trafic routier, dimensionnement de chaussée, géotechnique, assainissement, ALIZÉ-LCPC, CTTP.

Summary

This final-year project deals with the study of the widening of National Road No. 01 (RN01) into a dual carriageway (2×2 lanes) over a 10 km section extending from PK 621+000 to PK 631+000 in the Wilaya of Ghardaïa.

The main objective of this project is to improve traffic conditions, increase road capacity, and enhance road safety on this strategic route connecting the northern and southern regions of Algeria.

The study started with a traffic analysis in order to evaluate present and future traffic demand over a design period of 20 years. Based on the obtained results, the geometric characteristics of the road and the pavement structure were determined. A geological and geotechnical investigation was also carried out to identify the nature of the soils and the characteristics of the subgrade.

The project includes the geometric design of the road through the development of the horizontal alignment, longitudinal profile, and cross-sections according to the applicable road design standards. A hydraulic and drainage study was conducted to ensure proper stormwater evacuation and to protect the infrastructure from flood risks.

The pavement structure was designed according to the Algerian Catalogue of New Pavements (CTTP) and verified using the ALIZÉ-LCPC software. The study was completed by the design of horizontal and vertical road signs, the assessment of environmental impacts, and the preparation of the bill of quantities and cost estimate.

The obtained results demonstrate that the widening of RN01 is an effective solution for accommodating future traffic growth while contributing to the economic and social development of the Ghardaïa region.

Keywords: RN01, Ghardaïa, road widening, dual carriageway, traffic analysis, pavement design, geotechnical study, drainage, ALIZÉ-LCPC, CTTP.

Liste des abréviations

APD : Avant-projet détaillé.

RN : Route nationale.

BB : Béton Bitumineux

BBSG : Béton Bitumineux Semi-Grenu

CBR : California Bearing Ratio

CDF : Couche de Forme

CTTP : Catalogue Technique des Travaux Publics

DBA : Double Barrière en Béton Armé

DTP : Direction des Travaux Publics

GB : Grave-Bitume

GNT : Grave Non Traitée

GTR : Guide des Terrassements Routiers

IP : Indice de Plasticité

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

NF : Norme Française

OPM : Optimum Proctor Modifié

PK : Point Kilométrique

PL : Poids Lourds

PM : Proctor Modifié

PST : Partie Supérieure des Terrassements

RN01 : Route Nationale n°01

SG : Sable Gypseux

SNV : Système National de Voirie

TCi : Trafic Cumulé de Poids Lourds

TCEi : Trafic Cumulé Équivalent

TJMA : Trafic Journalier Moyen Annuel

TPL : Trafic Poids Lourds

TUF : Tuf

VRS : Vitesse de Référence de Section

WL : Limite de Liquidité

WP : Limite de Plasticité

Wopt : Teneur en Eau Optimale

Γdmax : Densité Sèche Maximale

εt : Déformation de traction à la base des couches bitumineuses

εz : Déformation verticale au sommet du sol support

MPa : Mégapascal

Rdm : Le rayon au dévers minimal

Rnd : Le rayon non déversé

L_{min} : Longueur minimale.

L_{max} : Longueur maximale.

ALIZÉ-LCPC : Logiciel de dimensionnement des chaussées développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes

ICTAAL : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison.

Symboles utilisés

τ : Taux d'accroissement annuel du trafic

n : Durée de vie de la chaussée

E : Module d'élasticité

A : Coefficient d'agressivité

Kc : Facteur de calage

Kr : Facteur de risque

Kθ : Facteur de température

Kne : Facteur lié au trafic cumulé

SOMMAIRE

REMERCIMENT 2

INTRODUCTION GÉNÉRALE 29

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET 2

I.1 GENERALITES SUR LA WILAYA DE GHARDAÏA 2

I.2 DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA REGION 3

I.3 CLIMAT DE LA REGION 4

I.4 INTITULE DU PROJET 4

I.5 LOCALISATION DU PROJET 4

I.6 IMPORTANCE DE LA RN1 5

I.7 OBJECTIFS DU PROJET 6

I.8 CONSISTANCE DES TRAVAUX 6

I.9 CONCLUSION 6

..... 7

CHAPITRE II : ÉTUDE DU TRAFIC 8

II.1 INTRODUCTION 8

II.2 DEFINITION DE LA CAPACITE ROUTIERE 8

II.3 DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC 9

II.3.1 TRAFIC NORMAL 9

II.3.2 TRAFIC DEVIE (OU DERIVE) 9

II.3.3 TRAFIC INDUIT 9

II.3.4 TRAFIC TOTAL 10

II.4 LES INDICATEURS DE TRAFIC 10

II.4.1 TRAFIC MOYEN JOURNALIER ANNUEL (TMJA) 10

II.4.2 UNITE DE VEHICULE PARTICULIER (UVP) 11

II.4.3 TRAFIC AUX HEURES DE POINTE 11

II.4.4 TRAFIC JOURNALIER DE FIN DE SEMAINE 11

II.4.5 TRAFIC JOURNALIER MOYEN D'ETE 11

II.4.6 TRAFIC EFFECTIF 11

II.5 IMPORTANCE DE L'ETUDE DU TRAFIC DANS LE PROJET 12

II.6 CALCUL DE LA CAPACITE ROUTIERE 12

II.6.1 CALCUL DU TRAFIC JOURNALIER MOYEN ANNUEL A L'ANNEE HORIZON (TMJAH) 12

II.6.1.1 CALCUL DU TRAFIC A L'ANNEE DE MISE EN SERVICE (2026) 13

II.6.1.2 CALCUL DU TRAFIC A L'ANNEE HORIZON (2046) 13

II.6.2 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF 13

II.6.3 DEBIT HORAIRE DE POINTE NORMAL 14

II.6.4 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE 14

a) Détermination de la catégorie de trafic 15

b) Valeurs des coefficients retenus 15

II.6.5 DETERMINATION DU NOMBRE DE VOIES 16

II.6.6 CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION 17

II.7 CONCLUSION 17

..... 18

CHAPITRE III : ÉTUDES GÉOLOGIQUES 19

III.1 INTRODUCTION 19

III.2 SITUATIONS GEOGRAPHIQUES 19

III.3 RECONNAISSANCES GEOMORPHOLOGIE 19

III.3.1 LA CHABKA DU M'ZAB 20

III.3.2 LA REGION DES DAYAS 20

III.3.3 LA REGION DES ERGS 20

III.4 RECONNAISSANCES HYDRO-CLIMATOLOGIQUE 21

III.4.1 TEMPERATURE 21

III.4.2 PRECIPITATION 22

III.4.2.1 LES PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES 23

III.5 RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA REGION 23

OUED ZEGRIR 24

OUED N'SA 24

OUED M'ZAB 24

OUED METLILI 24

III.6 RECONNAISSANCES GEOLOGIQUE 26

III.6.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONALE 26
III.6.1.1 FORMATION DE 1 ERE SECONDAIRE 26
III.6.1.2 Formation de 1 ère tertiaire 28
III.6.1.3 Formation du quaternaire 28
III.7 DESCRIPTION GEOLOGIQUE SOMMAIRE DU TRACE 30
III.8 CONCLUSION 30
..... 31
CHAPITRE IV : ETUDE ET CONTROL GEOTECHNIQUE 32
IV.1 PRESENTATION DE PROJET : 32
IV.2 CONSISTANCE DES TRAVAUX 32
IV.2.1 MATERIEL SUR CHANTIER 32
IV.2.2 MATERIEL DE BLANC 32
IV.2.3 MATERIEL DE NOIRE 33
IV.2.4 INTERVENTION DU LABORATOIRE : 33
IV.2.5 RESULTAT DES ESSAIS SUR LE MATERIAU UTILISE AUX REMBLAIS : 33
IV.3 CLASSIFICATION DES MATERIAUX SELON LE GTR 34
IV.3.1 CLASSIFICATION NF P 11-300 35
IV.3.2 GRANULARITE 35
IV.3.3 ARGILOSITE 36
IV.3.4 CLASSEMENT SELON L'ETAT HYDRIQUE 36
IV.3.5 CLASSIFICATION GTR FINALE 36
IV.4 LE CONTROLE DE COMPACTAGE DES REMBLAIS : 37
IV.5 CONTROLE DE COMPACTAGE DES COUCHES DE REMBLAIS ET COUCHE DE FORME PAR ESSAI A LA PLAQUE : 39
IV.6 CONTROLE DES TRAVAUX DE NOIR : 39
IV.6.1 VERIFICATION DE LA QUALITE DES GRANULATS DESTINE POUR LA FABRICATION D'ENROBE : 39
IV.7 CONTROLE DE LA QUALITE ET DE LA MISE EN ŒUVRE DE L'ENROBE : 41
IV.7.1 CONTROLE DE COMPACTAGE DE GB 0/20 ET BB 0/14 : 41
IV.6.2 CONTROLE DE DOSAGE EN LIANT DU CUT-BACK 0/1 IMPREGNE SUR LA COUCHE DE FONDATION : 42
IV.7.3 CONTROLE DE LA QUALITE DE BETON : 43

IV.6.3.1 Agrégats : 43
IV.6.3.2 la composition de béton :....44
IV.7.3.3 Synthèse de contrôle de béton :....44
IV.8 CONCLUSION....45
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE....48
V.1 INTRODUCTION....48
V.2 LA CHAUSSEE....49
V.2.1 DEFINITION....49
V.2.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES....49
V.2.2.1 CHAUSSEE SOUPLE....49
A) COUCHE DE ROULEMENT....49
B) COUCHE DE BASE....50
C) COUCHE DE FONDATION....50
D) COUCHE DE FORME....50
V.2.2.2 Chaussée semi-rigide....51
V.2.2.3 Chaussée rigide....51
V.3. FACTEURS INFLUENÇANT LE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES 52
V.3.1 LE TRAFIC....52
V.3.2 L'ENVIRONNEMENT....52
V.3.3 LE SOL SUPPORT....53
V.4 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES (CTTP)....53
V.5 CHOIX DU NIVEAU DE RESEAU....54
V.6 CLASSE DE TRAFIC....54
V.7 TRAFIC CUMULE DES POIDS LOURDS....56
V.8 TRAFIC CUMULE EQUIVALENT....56
V.9 DETERMINATION DE LA CLASSE DE PORTANCE DU SOL SUPPORT....57
V.10 DONNEES CLIMATIQUES....58
V.10.1 ZONE CLIMATIQUE....58
V.10.2 TEMPERATURE EQUIVALENTE....58
V.11 DETERMINATION DU RISQUE DE CALCUL....59

V.12 CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANT LA CHAUSSEE. 59

V.12.1 PROPOSITION DES STRUCTURES POSSIBLES 59

V.12.2 PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT RETENUS 60

V.14. VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT 62

V.14.1 DEFORMATION ADMISSIBLE DU SOL SUPPORT 62

V.14.2 DEFORMATION ADMISSIBLE EN TRACTION A LA BASE DE LA GRAVE BITUME (GB) 62

V.14.2.1 Paramètres mécaniques des matériaux 63

IV.14.2.2 Calcul des coefficients 64

V.14.2.3 Calcul de la déformation admissible en traction 65

V.15 DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE PAR LA METHODE C.B.R 66

V.15.1 PRINCIPE DE LA METHODE C.B.R 66

V.15.2 PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT 67

V.15.3 ÉPAISSEUR EQUIVALENTE 67

V.15.4 COEFFICIENTS D'EQUIVALENCE DES MATERIAUX 67

V.15.5 APPLICATION DE LA METHODE C.B.R 68

V.15.6 CALCUL DE L'EPAISSEUR EQUIVALENTE 68

V.16 CONCLUSION 69

..... 71

CHAPITRE VI : TRACE EN PLAN 72

VI.1 INTRODUCTION: 72

VI.2 CHOIX DE LA CATEGORIES: 72

VI.2.1 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN: 72

VI.2.1.1 Les éléments de tracé en plan: 73

VI.2.1.2 Les alignements: 73

VI.2.1.3 Arc de cercle: 74

VI.2.1.4 Les rayons: 74

VI.2.1.5 Les raccordements progressives: 75

VI.2.1.6 Enchainement des éléments du tracé en plan: 75

VI.2.1.7 Les contraintes dans le projet: 75

VI.2.1.8 Les éléments géométriques dans notre trace: 76

VI.3 CONCLUSION: 77

CHAPITRE VII : PROFIL EN LONG 79

VII.1 INTRODUCTION: 79

VII.2 REGLES A RESPECTER POUR LE PROFIL EN LONG: 80

VII.3 LES PARAMETRES DU PROFIL EN LONG: 80

VII.4 LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG: 80

VII.4.1 DECLIVITIES: 81

VII.4.2 DECLIVITE MINIMALE: 81

VII.4.3 DECLIVITE MAXIMALE: 81

VII.4.4 RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG: 81

VII.4.5 RACCORDEMENTS CONVEXES (ANGLE SAILLANT ∩): 81

VII.4.6 RACCORDEMENT CONCAVE (ANGLE RENTRANT U): 82

VII.4.7 COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG: 82

VII.5 LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DANS NOTRE PROFIL EN LONG: .. 82

VII.6 CONCLUSION: 83

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS 81

VIII.1 INTRODUCTION: 81

VIII.2 DIFFERENT TYPE DE PROFIL : 81

VIII.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS: 81

VIII.4 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS: 82

VIII.4.1 PROFIL EN TRAVERS TYPE: 83

VIII.4.2 PROFIL EN TRAVERS COURANT: 83

VIII.4.3 PENTES TRANSVERSALES: 83

VIII.4.4 EN ALIGNEMENT ET EN COURBE NON DEVERSEE: 83

VIII.4.5 EN COURBE DEVERSEE: 83

VIII.5 APPLICATION DE PROJET: 83

VIII.6 CONCLUSION: 84

CHAPITRE IX : CUBATURE DES TERRASSEMENTS 86

IX.1 INTRODUCTION 86

IX.2 METHODE DE CALCUL 86

IX.3 PROCEDURE DE CALCUL 86

IX.4 EXEMPLE DE CALCUL 87

IX.5 RESULTATS DES CUBATURES 87

IX.6 ANALYSE DES RESULTATS 88

IX.7 CONCLUSION 88

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT 89

X.1 INTRODUCTION: 89

X.2 OBJECTIVES DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER: 89

X.3 CRITERES DE BASE DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : 90

X.3.1 ETUDE HYDROLOGIQUE: 90

X.3.2 LES DONNEES DE CALCUL : 90

X.3.3 LES ETAPES DE L'ETUDE : 90

X.4 CARACTERISATION PHYSIQUE DES BASSINS VERSANTS : 90

X.4.1 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE : 91

X.4.2 FORMULE RATIONNELLE : 92

X.4.3 TEMPS DE CONCENTRATION : 92

X.4.3.1 Méthode de Ventura: 92

X.4.3.2 Méthode de Passini : 92

X.4.3.3 Méthode de Giandotti : 92

X.4.4 L'INTENSITE DE PLUIE I : 93

X.4.5 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT : 93

X.4.6 LE DEBIT DE SATURATION **Qs** : 94

X.5 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS : 94

X.6 ÉTUDE HYDRAULIQUE: 95

X.6.1 LES SYSTEMES DE DRAINAGE TRANSVERSAL : 95

X.6.2 PREDIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES : 95

X.6.2.1 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 621+600 : 95

X.6.2.2 Détermination du débit d'apport : 95

X.6.2.3 Détermination de dimension du Buse: 96

X.6.2.4 Vérification des conditions d'auto curage : 96

X.6.2.5 Condition de calage : 97

X.6.3 DIMENSIONNEMENT D'OUVRAGE TRANSVERSAL AU PK 626+075 : 99

X.6.3.1 Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration : 99
X.6.3.2 Détermination du débit d'apport : 99
X.6.3.3 Détermination des dimensions du dalot : 99
X.6.3.4 Condition de calage : 100
X.7 TABLEAU RECAPITULATIF DES DALOTS ET DES BUSES : 102
X.8 CONCLUSION: 103
CHAPITRE XI CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 104
XI.1 INTRODUCTION 104
XI.2 ROLE DE L'ECHANGEUR 104
XI.3 REGLES DE CONCEPTION 104
XI.4 TYPE DES ECHANGEURS 105
XI.4.1 ECHANGEUR MAJEUR : 105
XI.4.2 ECHANGEUR MINEUR : 105
XI.5 LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR 106
XI.6 CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR 106
XI.7 APPLICATION SUR NOTRE PROJET : 107
XI.7.1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES XI.7.1.1 TRACE DES BRETELLES : 107
XI.7.1.2 Enchainement des éléments du tracé en plan : 107
XI.7.1.3 Raccordements progressifs : 108
XI.7.1.4 Zones d'accélération et de décélération : 108
XI.7.1 PROFIL EN LONG D'UNE BRETELLE 109
XI.8 VISIBILITE 109
XI.8.1 VISIBILITE SUR UNE ENTREE D'AUTOROUTE 109
XI.8.2 VISIBILITE SUR UNE SORTIE D'AUTOROUTE 110
XI.8.3 DISTANCE DE VISIBILITE SUR MARQUAGE DVM 110
XI.8.4 DISTANCE DE LECTURE (LC) 110
XI.8.5 RESUME 110
XI.9 CONCLUSION 112
CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE 115
XII.1 SIGNALISATION : 115

XII.1.1 INTRODUCTION : **115**

XII.1.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE : **115**

XII.1.3 TYPES DE SIGNALISATION : **115**

XII.1.4 APPLICATION AU PROJET : **115**

XII.1.4.1 SIGNALISATION VERTICALE : 115

XII.2 ECLAIRAGE: **119**

XII.2.1 CATEGORIES D'ECLAIRAGES: 119

XII.2.2 PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES: 120

XII.2.3 APPLICATION AU PROJET : 121

XII.2.3.1 Eclairage de la voie (le long de la RN1) : *121*

XII.3 CONCLUSION: **121**

CHAPITRE XIII : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX **122**

XIII.1 INTRODUCTION : **122**

XIII.2 OBJECTIF DE L'ETUDE D'IMPACT SUR ENVIRONNEMENT : **122**

XIII.3 EVALUATION DES IMPACTS : **122**

XIII.3.1 INTENSITÉ DE L'IMPACT : 123

XIII.3.2 ÉTENDUE DE L'IMPACT : 123

XIII.3.3 DURÉE DE L'IMPACT : 123

XIII.3.4 IMPORTANCE DE L'IMPACT : 123

XIII.4 IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT : **123**

XIII.4.1 EVALUATION DES IMPACTS PENDANT LA PERIODE DE CHANTIER : 123

XIII.4.2 IMPACT DU A LA POLLUTION DE L'AIR : 124

XIII.4.3 IMPACT DES TRAVAUX SUR LE PAYSAGE : 124

XIII.4.4 IMPACT SUR LES SOLS : 124

XIII.4.5 IMPACT SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES : 125

XIII.4.6 IMPACT SUR L'AGRICULTURE : 125

XIII.4.7 IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN : 125

XIII.4.8 IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES : 126

XIII.5 IMPACTS POTENTIELS DURANT LA PERIODE D'EXPLOITATION : **126**

XIII.5.1 IMPACT POSITIF : 126

XIII.5.2 IMPACTS NÉGATIFS : 127

XIII.6 MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS : 127

XIII.6.1 MESURES PREVUES DURANT LA PERIODE DE CONSTRUCTION : 127

XIII.6.1.1 Mesures relatives à l'organisation du chantier : 127

XIII.6.1.2 Mesures d'ordre et de sécurité durant le chantier : 127

XIII.6.2 MESURES RELATIVES A LA POLLUTION DE L'AIR : 127

XIII.6.3 MESURES RELATIVES A L'IMPACT PAYSAGER : 128

XIII.6.4 MESURES RELATIVES A L'IMPACT SUR LES SOLS : 128

XIII.6.5 MESURES RELATIVES À L'EAU : 128

XIII.6.6 MESURES RELATIVES A LA VEGETATION (MILIEUX BOISES) : 128

XIII.6.7 MESURES RELATIVES AU MILIEU HUMAIN : 128

XIII.7 MESURES PREVUES DURANT LA PERIODE D'EXPLOITATION : 129

XIII.7.1 MESURES RELATIVES A LA POLLUTION DE L'AIR : 129

XIII.7.2 MESURES RELATIVES AU PAYSAGE : 129

XIII.7.3 MESURES RELATIVES À L'EAU: 129

XIII.7.4 MESURES DE RENFORCEMENT DE LA SECURITE HUMAINE ET DE CADRE DE VIE : 129

XIII.8 CONCLUSION : 129

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITAIFS ET ESTIMATIFS 131

XIV.1 INTRODUCTION 131

XIV.2 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 131

XIV.3 CONCLUSION 133

CONCLUSION GÉNÉRALE 135

BIBLIOGRAPHIE 137

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Carte de localisation de la wilaya de Ghardaïa et du réseau routier principal....3
Figure I.2 : présentation du projet 5
3 Figure III.1 : Variations moyennes annuel des températures.....22
4 Figure III.2 : Hauteurs moyennes mensuelle de la précipitation 23
5 Figure IV.1 : Abaque de classification GTR.....35
6 Figure V.1 : Structure générale d'une chaussée souple et ses différentes couches 51
7 Figure V.1 : A : Coefficient d'agressivité.....56
8 Figure V.2 : Classe de portance de sol support.....57
9 Figure V.3 : Carte climatique.....58
10 Figure V.4 : Température équivalente 59
11 Figure V.5 : Pourcentage de risque 59
12 Figure V.6 : Structures possibles 60
13 Figure V.7 : Amélioration de la portance du sol support 61
14 Figure V.8 : fiche de structure.....61
15 Figure V.9 : Paramètres mécaniques des matériaux 63
16 Figure V.10 : Paramètres mécaniques des matériaux 64
17 Figure V.10 : les conditions de collage 65
18 Figure V.11 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) 66
19 Figure V.11 : Composition de la structure de chaussée retenue.....69
FigureVI 20 : Les éléments de tracé en plan.....73
21 Figure VI.1 : Les éléments de tracé en plan 73
Figure 22 : les éléments de la clothoïde 75
23 Figure VI.2 :les éléments de la clothoïde.....75
24 FigureVII.1 : Profil en long 79
25 Figure VIII.1 : diffèrent type de profil.....81
26 Figure VIII.1 : élément de profil en travers.....82
27 FigureX.1 : Les systèmes de drainages (buse).....95
28 FigureX.2 : Les systèmes de drainages (dalot) 95
29 FigureX.2 : Les systèmes de drainages (dalotFigureX.2 : Les systèmes de drainages (dalot).....95
Figure 30 : Les systèmes de drainages (b 95
31 Figure X.3 : buse 96
Figure 32 : l'abaque pour calculer hn 97

33 Figure X.4 : l’abaque pour calculer hn 97
Figure 34 : l’abaque pour calculer hc 97
35 Figure X.5 : l’abaque pour calculer hc 97
Figure 36 : l’abaque pour calculer yc 98
37 Figure X.6 : l’abaque pour calculer yc 98
38 Figure X.7 : l’abaque pour trouver S/R^2 98
Figure39:Dalotavec remplissage de 80%. 99
40FigureX.8 :Dalotavec remplissage de 80%. 99
Figure 41 : l’abaque pour calculer hn 100
42 Figure X.9 : l’abaque pour calculer hn 100
Figure 43 : l’abaque pour calculer hc 101
44 Figure X.10 : l’abaque pour calculer hc 101
Figure 45 : l’abaque pour calculer yc 101
46 Figure X.11 : l’abaque pour calculer yc 101
47 Figure XI-1 : différente type d'échangeur 105
48 Figure XI-2 : Dispositif de sortie d’autoroute 108
49 Figure XI-3 : Dispositif d'entre à l'autoroute 109
50 Figure XI-4 : Règle de visibilité sur une entrée d’autoroute 110
51 Figure XI-5 : Visibilité sue une sortie d’autoroute 110
52 Figure XI-6 : échangeur Pk 1+100 112
53 Figure XII.1 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes 118
54 Figure XII-1 : Les lignes de delimitation de trace. 118
55 Figure XII-2 : Paramètres de l’implantation des luminaires. 121

LISTE DES TABLEUAX

1 Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence 13
2 Tableau II.2 : Choix de la catégorie C 15
3 Tableau II.3 : Valeurs de K1 15
4 Tableau II.4 : Valeurs de k2 15
5 Tableau II.5 : Valeurs de capacité théorique 16
6 Tableau III.1 : Coordonnées géographiques de la station de Ghardaïa (ONM) 21
7 Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles (station de Ghardaïa, 1995-2015) . 21
Tableau III.8 : les précipitations moyennes mensuelles 23
9 Tableau III.4 : Nombre de jours de crue des oueds de la région de Ghardaïa 25
10 Tableau IV.1 : Résultat des essais sur le matériau utilisé aux remblais 33
11 Tableau IV.2 : Résultat des essais sur le matériau utilisé aux remblais 34
12 Tableau IV.3 : Classification GTR 36
13 Tableau IV.4 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 37
14 Tableau IV.5 : les réceptions géotechniques réalisées 37
15 Tableau IV.6 : Contrôle de compactage des couches de remblais et couche de forme par essai à la plaque 39
16 Tableau IV.7 : Les résultats obtenus de contrôle des travaux de noir 40
17 Tableau IV.8 : Les résultats obtenus de contrôle des travaux de noir 40
18 Tableau IV.9 : Les résultats de contrôle de la qualité et de la mise en œuvre de l'enrobé 41
20 Tableau IV.10 : les résultats obtenus de Contrôle de compactage de GB 0/20 41
21 Tableau IV.11 : les résultats obtenus de Contrôle de compactage de GB 0/14 42
22 Tableau IV.12 : Les résultats de contrôle de dosage en liant du cut-back 0/1 imprégné sur la couche de fondation 42
23 Tableau IV.13 : Les différents essais effectués sur les agrégats 44
24 Tableau IV.14 : Les pourcentages arrêtés par la formulation 44
25 Tableau IV.15 : contrôle de béton 44
26 TableauV.1 : la classe de trafic TPL 55
27 TableauV.2 : Choix de type de structure 55
28 TableauV.3 : Condition interface 55
29 TableauV.4 : classes de portance des sols 57
30 TableauV.5 : Tableau récapitulatif 66
31 TableauV.6 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau 68
32 TableauVI.2 : les longueurs max et min de l'alignement 74

TableauVI.3 : les valeurs minimales des rayons du tracé en plan 74
Tableau VI.4 : la géométrie du tracé en plan 76
36 Tableau 0VII.2 : Les paramètres de profil en long 80
38 Tableau VII.2 : la géométrie du profil en long 82
40 TableauVIII.2 : Dimensions des éléments du Profil en travers type 83
Tableau 0VIII.3 : divere de corps de chauusée 84
43 TableauX.2 : Caractéristiques physiques des bassins versants 91
45 TableauX.4 : Coefficient de Montana « a(t) » 93
47 Tableau X.6 : Coefficient de ruissellement Cr 93
49 Tableau X.5 : Les valeurs des débits d'apport 94
50 Tableau X.6 : vérification les résultats de calcul les conditions d'auto curage 97
51 Tableau X.7 : résultat de calcul calage d'ouvrage 99
52 Tableau X.8 : résultat de calcul calage d'ouvrage 102
53 Tableau X.9 : Liste des ouvrages hydrauliques 102
54 Tableau XI-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 109
55 Tableau XI-3 : Les largeurs des composants du profil en travers 109
56 Tableau XI-4 : les Principales distances de visibilité 111
57 Tableau XII-1 : Modulation des lignes. 117
58 Tableau XIV.1 : Devis quantitatif et estimatif 131

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le développement des infrastructures routières constitue un facteur essentiel pour le développement économique et social d'un pays. En Algérie, le réseau routier joue un rôle stratégique dans les échanges commerciaux, le transport des personnes et le désenclavement des régions sahariennes. Parmi les axes les plus importants figure la Route Nationale n°1 (RN1), considérée comme l'un des principaux corridors reliant le nord du pays au Grand Sud algérien.

La wilaya de Ghardaïa occupe une position géographique importante au centre du Sahara algérien. Elle représente un point de liaison majeur entre les Hauts Plateaux et les régions du Sud. Cependant, l'augmentation progressive du trafic routier, notamment celui des poids lourds, a entraîné une saturation de certains tronçons de la RN1, provoquant des problèmes de circulation, de sécurité routière et de dégradation de la chaussée.

Dans le cadre du programme national de modernisation et de renforcement du réseau routier, il a été décidé de réaliser le projet de dédoublement de la RN1 entre le PK621+000 et le PK631+000 sur un linéaire de 10 km, dans la wilaya de Ghardaïa. Ce projet vise principalement à améliorer les conditions de circulation, augmenter la capacité de la route, réduire les accidents de la circulation et assurer un meilleur confort et une meilleure sécurité aux usagers.

Le présent Projet de Fin d'Études porte sur l'étude technique de ce tronçon routier. L'objectif principal est de proposer une structure de chaussée adaptée aux conditions climatiques, géologiques et géotechniques de la région, tout en tenant compte du trafic actuel et futur.

Ce travail a permis de mettre en application les connaissances acquises durant la formation d'ingénieur en Travaux Publics, notamment dans le domaine des infrastructures routières, tout en utilisant les normes et méthodes de dimensionnement appliquées en Algérie.

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET

I.1 GENERALITES SUR LA WILAYA DE GHARDAÏA

La wilaya de Ghardaïa occupe une position stratégique au centre de la partie septentrionale du Sahara algérien. Elle constitue un important carrefour reliant le nord du pays aux régions sahariennes du sud grâce à un réseau routier national de grande importance, notamment la Route Nationale n°1 (RN1).

La wilaya s'étend sur une superficie d'environ **24 395 km²**, soit près de **2 439 500 hectares**. Selon les données du recensement général de la population de l'année 2008, la population de la wilaya est estimée à plus de **363 598 habitants**. Cette population est répartie sur plusieurs agglomérations urbaines et rurales présentant une activité économique variée.

Sur le plan administratif, la wilaya compte **09 communes**, dont **07 chefs-lieux de daïra**, assurant l'organisation territoriale et administrative de la région.

La wilaya de Ghardaïa est limitée par :

- À l'est : la wilaya de Ouargla ;
- À l'ouest : la wilaya de El Bayadh ;
- Au nord : la wilaya de Laghouat ;
- Au nord-est : la wilaya de Djelfa ;
- Au sud : la wilaya de Meniaa ;
- Au sud-ouest : la wilaya de Adrar.

Grâce à sa position géographique privilégiée, la wilaya joue un rôle majeur dans les échanges commerciaux, les déplacements des personnes ainsi que dans le développement des infrastructures de transport entre le nord et le sud de l'Algérie.

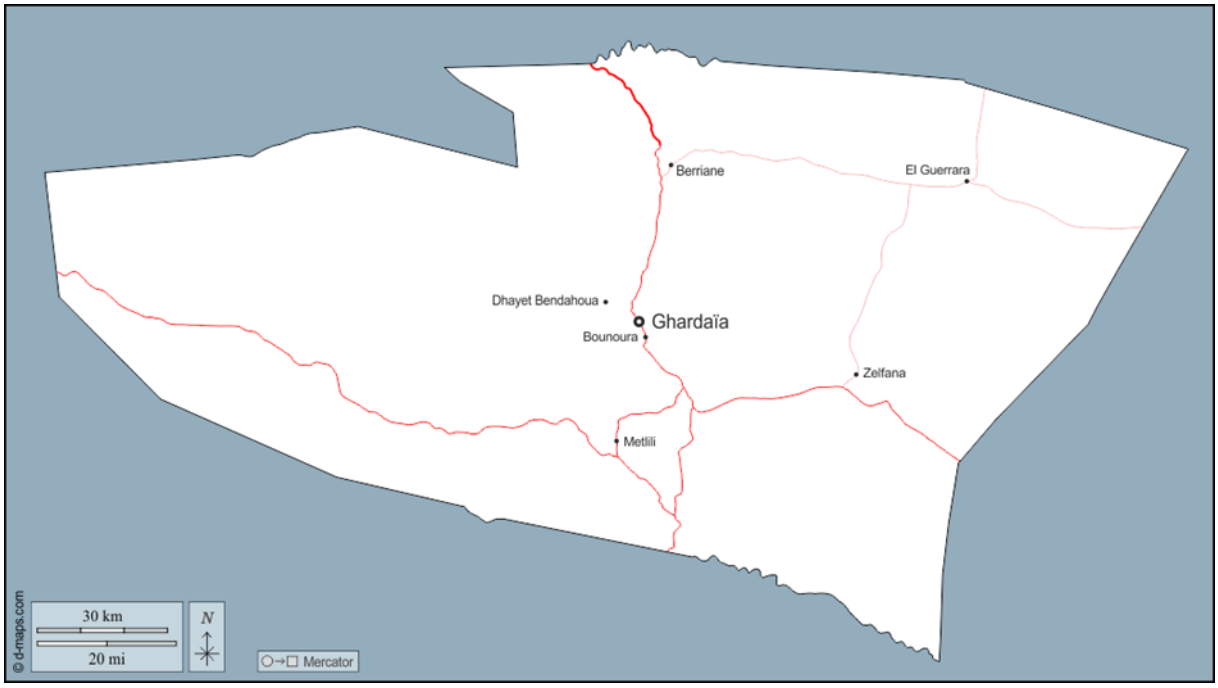


Figure I. 1: Carte de localisation de la wilaya de Ghardaïa et du réseau routier principal

I.2 DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA REGION

La région de Ghardaïa possède un potentiel économique important reposant principalement sur le commerce, le transport, l'agriculture saharienne, l'artisanat traditionnel et les activités liées aux hydrocarbures. La RN1 représente un axe vital pour le transport des marchandises et des voyageurs reliant les différentes régions du pays.

Dans le cadre du programme national de développement des infrastructures routières, l'État algérien a lancé plusieurs opérations visant à améliorer la sécurité et la fluidité du trafic sur cet axe stratégique. Parmi ces opérations figure le projet de dédoublement de la RN1 entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa sur un linéaire de 260 km.

Ce projet constitue une étape essentielle dans la concrétisation de la route express Nord-Sud reliant les grandes villes du nord algérien aux régions sahariennes. Il permettra notamment :

- L'amélioration des conditions de circulation ;
- La réduction des accidents de la route ;
- L'augmentation de la capacité du trafic routier ;
- Le renforcement des échanges économiques et commerciaux ;
- Le désenclavement des régions sahariennes ;
- L'accompagnement du développement socio-économique de la région.

Le dédoublement de cette infrastructure contribuera également à réduire les temps de parcours et à améliorer le confort des usagers.

I.3 CLIMAT DE LA REGION

Le climat de la wilaya de Ghardaïa est de type désertique chaud. Il se caractérise par des conditions climatiques sévères marquées par :

- Un été très chaud et prolongé, avec des températures pouvant dépasser 45°C ;
- Un hiver relativement doux durant la journée mais froid pendant la nuit ;
- Une faible pluviométrie annuelle ;
- Une forte évaporation due à l'intensité de l'ensoleillement ;
- Des vents de sable fréquents, particulièrement durant certaines périodes de l'année.

Ces conditions climatiques influencent directement la conception, le dimensionnement et l'entretien des infrastructures routières. Elles nécessitent donc la prise en considération de plusieurs paramètres techniques lors des études de réalisation du projet, notamment la résistance des matériaux, le comportement des chaussées sous fortes températures ainsi que les dispositifs de drainage et de protection contre l'ensablement.

I.4 INTITULE DU PROJET

ETUDE DE DEDOUBLEMENT DE LA RN1 ENTRE CARREFOUR RN1 / RN49 ET EL MENEA du PK621+000 au PK631+000 SUR 10 KM AVEC L'AMENAGEMENT D'UN ECHANGEUR).

Ce projet s'inscrit dans le cadre du développement et de la modernisation du réseau routier national afin de répondre à l'augmentation continue du trafic routier sur cet axe stratégique reliant le nord et le sud du pays. Il vise principalement la réalisation d'une infrastructure routière moderne répondant aux normes techniques et de sécurité en vigueur.

I.5 LOCALISATION DU PROJET

Le présent projet s'inscrit dans le cadre du développement du réseau routier national algérien. Il concerne un tronçon de la Route Nationale n°1 (RN1), reliant la wilaya de Ghardaïa à la ville de El Ménéa.

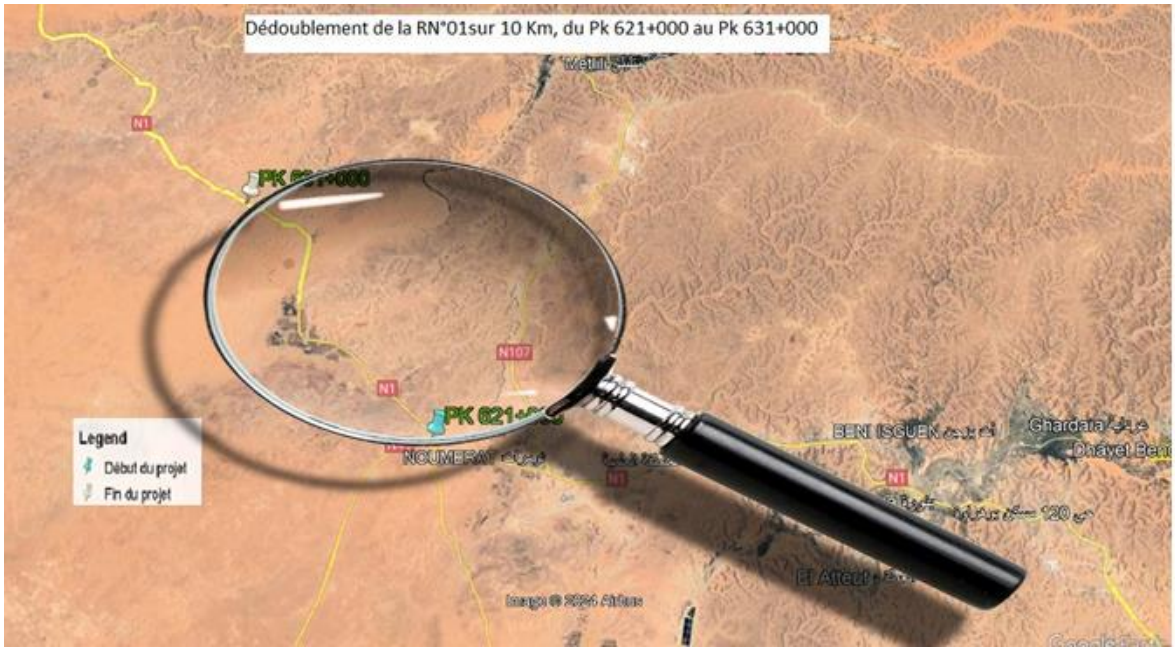


Figure I.2 : présentation du projet

Le projet porte sur l'étude de dédoublement de la RN1 entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa sur un linéaire d'environ 260 km. Cet axe constitue une liaison stratégique assurant la continuité des échanges entre le nord et le sud de l'Algérie.

La RN1 représente l'un des principaux corridors routiers du pays, en raison de son importance économique et sociale. Elle assure le transport des voyageurs, des marchandises ainsi que des équipements nécessaires aux différentes activités économiques des régions sahariennes.

La localisation du projet dans une région saharienne lui confère également une importance particulière dans le cadre du développement territorial, du désenclavement des zones du sud et de l'amélioration des infrastructures de transport à l'échelle nationale.

Le tronçon étudié traverse des zones à caractère désertique présentant des conditions climatiques et géotechniques spécifiques qui doivent être prises en considération lors des études techniques et de la conception du projet.

I.6 IMPORTANCE DE LA RN1

La Route Nationale n°1 (RN1) constitue l'un des axes routiers les plus importants du réseau national algérien. Elle assure la liaison entre le nord et le sud du pays sur plusieurs milliers de kilomètres. Cet axe stratégique joue un rôle essentiel dans :

- Le transport des voyageurs ;
- L'acheminement des marchandises ;
- Le développement économique des régions sahariennes ;

- La desserte des zones industrielles et pétrolières ;
- Le renforcement des échanges commerciaux entre les différentes wilayas.

Le tronçon concerné par le projet connaît un trafic routier important, notamment celui des poids lourds et des véhicules de transport de marchandises.

I.7 OBJECTIFS DU PROJET

Le projet de dédoublement de la RN1 vise plusieurs objectifs, notamment :

- Améliorer la fluidité de la circulation ;
- Réduire les risques d'accidents ;
- Augmenter la capacité de la route ;
- Réduire le temps de parcours ;
- Améliorer le confort et la sécurité des usagers ;
- Accompagner le développement économique et social des régions traversées ;
- Assurer une meilleure liaison entre le nord et le sud du pays.

I.8 CONSISTANCE DES TRAVAUX

Les travaux projetés dans le cadre du dédoublement comprennent principalement :

- La réalisation d'une nouvelle chaussée ;
- Les travaux de terrassement ;
- La mise en œuvre des couches de chaussée ;
- La construction des ouvrages hydrauliques ;
- Les travaux d'assainissement ;
- La signalisation horizontale et verticale ;
- Les équipements de sécurité routière ;

Les aménagements annexes

I.9 CONCLUSION

Le projet de dédoublement de la RN1 entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa représente un projet important pour le développement de la région de Ghardaïa et des régions du sud. La RN1 constitue un axe routier stratégique reliant le nord et le sud de l'Algérie et connaît un trafic routier important. Cette étude a permis de présenter les principales caractéristiques de la wilaya de Ghardaïa ainsi que l'importance économique et sociale du projet. Le

dédoublement de la route contribuera à améliorer la circulation, renforcer la sécurité routière, réduire les temps de parcours et faciliter les échanges commerciaux. Malgré les conditions climatiques difficiles de la région saharienne, ce projet permettra d'améliorer les infrastructures de transport et d'accompagner le développement socio-économique des régions traversées.

CHAPITRE II : ÉTUDE DU TRAFIC

CHAPITRE II : ÉTUDE DU TRAFIC

II.1 INTRODUCTION

L'étude du trafic constitue une étape fondamentale dans toute étude de projet routier. Elle permet d'évaluer les conditions de circulation actuelles et futures afin de déterminer les caractéristiques techniques de l'infrastructure à réaliser. Cette étude joue un rôle essentiel dans la conception des routes, car elle permet d'adapter les dimensions et les équipements de la chaussée au volume réel du trafic.

L'étude du trafic vise principalement à analyser les différents flux de circulation empruntant l'itinéraire concerné ainsi que leur évolution dans le temps. Elle permet également d'évaluer les besoins futurs liés au développement économique et à l'augmentation du parc automobile.

Dans le cadre du projet de dédoublement de la Route Nationale n°1 (RN1) entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa, l'étude du trafic revêt une importance particulière en raison du rôle stratégique de cet axe dans les échanges entre le nord et le sud du pays.

Cette étude permet notamment :

- D'identifier les flux de transit circulant sur l'axe ;
- D'apprécier l'opportunité des aménagements projetés ;
- De déterminer les points d'échanges et les accès ;
- D'évaluer le niveau actuel et futur du trafic ;
- D'analyser les mouvements directionnels de circulation ;
- De prévoir les investissements nécessaires selon l'évolution du trafic ;
- De déterminer le trafic poids lourds intervenant directement dans le dimensionnement de la structure de chaussée.

L'analyse du trafic constitue ainsi un élément indispensable pour assurer la sécurité, la fluidité et la durabilité de l'infrastructure routière projetée.

II.2 DEFINITION DE LA CAPACITE ROUTIERE

La capacité routière représente le nombre maximal de véhicules pouvant circuler sur une route pendant une période donnée dans des conditions normales d'exploitation.

La capacité pratique correspond au débit horaire moyen à saturation. Elle représente le niveau maximal de circulation au-delà duquel le moindre incident peut provoquer des ralentissements importants ou la formation d'embouteillages.

Cette capacité dépend de plusieurs paramètres liés aux conditions de circulation et aux caractéristiques de la route.

Parmi les principaux facteurs influençant la capacité routière, on peut citer :

- Les distances de sécurité entre les véhicules ;
- Les conditions météorologiques ;
- Les caractéristiques géométriques de la route ;
- La largeur de la chaussée ;
- Le nombre de voies de circulation ;
- La visibilité ;
- La pente longitudinale ;
- La nature du trafic circulant sur la route.

En milieu urbain, la densité des véhicules est généralement plus importante, ce qui réduit les distances de sécurité entre les usagers. En revanche, en rase campagne, les véhicules circulent avec des espacements plus grands, ce qui influence différemment la capacité de la route.

Les conditions climatiques telles que les vents de sable, les fortes chaleurs ou les précipitations peuvent également avoir un impact direct sur la fluidité du trafic et le niveau de service offert par la route.

II.3 DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC

Dans les études routières, plusieurs types de trafic sont pris en considération afin d'évaluer correctement les besoins de l'infrastructure projetée.

II.3.1 Trafic normal

Le trafic normal représente le trafic existant sur l'itinéraire avant l'aménagement de la route. Il correspond au nombre de véhicules circulant sur la route à une année donnée dans les conditions actuelles d'exploitation.

Ce trafic est généralement obtenu à partir des campagnes de comptage réalisées sur le terrain.

II.3.2 Trafic dévié (ou dérivé)

Le trafic dévié correspond au trafic provenant d'autres itinéraires et qui sera reporté vers la nouvelle infrastructure après son aménagement.

Ce phénomène s'explique principalement par l'amélioration des conditions de circulation, de sécurité et de confort offertes par la route aménagée.

II.3.3 Trafic induit

Le trafic induit représente le nouveau trafic généré suite à l'amélioration du niveau de service de la route.

L'aménagement d'une infrastructure moderne entraîne généralement une augmentation des déplacements, favorisant ainsi le développement des activités économiques, commerciales et sociales.

II.3.4 Trafic total

Le trafic total correspond à l'ensemble du trafic qui circulera sur la route après son aménagement.

Il est obtenu par la somme :

- Du trafic normal ;
- Du trafic dévié ;
- Du trafic induit.

L'évaluation du trafic total permet de déterminer les caractéristiques géométriques de la route ainsi que le dimensionnement de la chaussée.

II.4 LES INDICATEURS DE TRAFIC

Les données issues des comptages routiers sont exploitées sous forme d'indicateurs permettant d'analyser les conditions de circulation et d'évaluer les besoins futurs de l'infrastructure.

Les principaux indicateurs utilisés dans les études de trafic sont les suivants :

II.4.1 Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)

Le Trafic Moyen Journalier Annuel, noté TMJA, représente le nombre moyen de véhicules circulant quotidiennement sur une route pendant une année complète.

Il est obtenu en divisant le trafic total annuel par le nombre de jours de l'année.

Le TMJA constitue l'un des indicateurs les plus importants dans les études routières, car il permet :

- D'évaluer l'importance de l'axe routier ;
- De prévoir l'évolution du trafic ;
- De déterminer les besoins futurs d'aménagement ;
- De dimensionner les infrastructures routières.

II.4.2 Unité de Véhicule Particulier (UVP)

L'Unité de Véhicule Particulier (UVP) est utilisée pour tenir compte de l'influence des différents types de véhicules sur la circulation.

Les poids lourds occupent davantage d'espace et influencent plus fortement les conditions de circulation que les véhicules légers. Pour cette raison, ils sont affectés d'un coefficient multiplicateur généralement égal à 2.

L'utilisation des UVP permet d'obtenir une représentation plus réaliste du trafic effectif circulant sur la route.

II.4.3 Trafic aux heures de pointe

Le trafic aux heures de pointe correspond aux périodes de la journée où la circulation atteint son niveau maximal.

On distingue généralement :

- L'heure de pointe du matin (HPM) ;
- L'heure de pointe du soir (HPS).

L'analyse de ces périodes permet d'évaluer la capacité de la route et les risques de congestion.

II.4.4 Trafic journalier de fin de semaine

Cet indicateur représente le volume de circulation enregistré durant les journées de fin de semaine, caractérisées généralement par une augmentation des déplacements.

Il permet d'évaluer les variations hebdomadaires du trafic.

II.4.5 Trafic journalier moyen d'été

Le trafic journalier moyen d'été est particulièrement important dans les régions connaissant une forte activité saisonnière ou touristique.

Il permet d'évaluer les augmentations temporaires du trafic durant la période estivale.

II.4.6 Trafic effectif

Le trafic effectif représente le trafic réel exprimé en Unités de Véhicules Particuliers (UVP/jour).

Cet indicateur prend en considération l'impact des différentes catégories de véhicules sur les conditions de circulation et constitue une donnée essentielle pour le dimensionnement des chaussées.

II.5 IMPORTANCE DE L'ETUDE DU TRAFIC DANS LE PROJET

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN1, l'étude du trafic permet de :

- Déterminer le nombre de voies nécessaires ;
- Évaluer la capacité future de la route ;
- Dimensionner correctement la structure de chaussée ;
- Améliorer les conditions de sécurité ;
- Réduire les risques d'accidents ;
- Assurer une meilleure fluidité du trafic ;
- Prévoir l'évolution future de la circulation.

Cette étude constitue donc une base essentielle pour la conception et la réussite du projet routier.

II.6 CALCUL DE LA CAPACITE ROUTIERE

La capacité routière représente le nombre maximal de véhicules pouvant circuler sur une route pendant une période déterminée dans des conditions normales de sécurité et de fluidité. Elle dépend principalement des caractéristiques géométriques de la route, des conditions de circulation ainsi que de l'environnement traversé.

L'étude de la capacité permet de déterminer si l'infrastructure projetée sera capable d'absorber le trafic actuel et futur tout en assurant un niveau de service satisfaisant.

II.6.1 Calcul du Trafic Journalier Moyen Annuel à l'année horizon (TMJAH)

Le Trafic Journalier Moyen Annuel à l'année horizon est calculé à partir du trafic observé lors de l'année de référence et du taux d'accroissement annuel du trafic.

La formule utilisée est :

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

Avec :

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (V/j).

- $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence « année de comptage » (V/j).

- n : nombre d'année.

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

Les données du projet sont les suivantes :

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2020 : TJMA =4217 v/j.
- Année de mise en service : 2026 ;

- Pourcentage de poids lourds : Z=42,02%
- Taux de croissance annuel du trafic : τ=4%
- Durée de vie du projet : 20 ans.

II.6.1.1 Calcul du trafic à l'année de mise en service (2026)

On applique la formule précédente :

TJMA0 = TJMA2020 = 4127v/j

AN : $TJMA_{2026} = 4127 \times (1 + 0.04)^{6}$

$TJMA_{2026}$ = 5222 v/j

II.6.1.2 Calcul du trafic à l'année horizon (2046)

Pour une durée de vie de 20 ans :

Trafic à l'année horizon (2046) pour une durée de vie de 20 ans :

AN : $TJMA_{2046} = 5222 \times (1 + 0.04)^{20}$

$TJMA_{2046}$ = 11443 v/j

II.6.2 Calcul du trafic effectif

Le trafic effectif correspond au trafic exprimé en Unités de Véhicules Particuliers (UVP/jour). Cette conversion permet de tenir compte de l'influence importante des poids lourds sur les conditions de circulation.

La formule utilisée est :

$T_{eff} = [(1 – Z) + PZ]. TJMA_h$

Avec :

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

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence

1 Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence

Environnement	E1 : Facile (plaine)	E2 : Moyen (vallonnée)	E3 : Difficile (montagneux)

Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

On a E1 D'où P = 3

T_{eff} = [(1-Z) + P.Z] TJMAh

$T_{eff\ 2026}$= [(1 – 0,4202) + 3× 0,4202] × 5222

$T_{eff\ 2026}$ = 9611 UVP/J

$T_{eff\ 2046}$= [(1 – 0,4202) + 3× 0,4202] × 11443

$T_{eff\ 2046}$= 21060 UVP/J.

II.6.3 Débit horaire de pointe normal

Le débit horaire de pointe représente le trafic maximal circulant durant les heures les plus chargées de la journée.

Il est calculé par la relation suivante :

Q = (1/ n) Teff

Avec :

• Q : débit de pointe horaire

• (1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égal à 0 ,12.

Q = (0.12)*(**21060**) =2528 UVP/h

Q_{2046} = 2528 UVP/H

II.6.4 Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible par voie est calculé à partir de la formule suivante :

Le débit horaire maximal admissible par voie est déterminé par l'application de la formule $Q_{adm} = K_1.K_2.C_{th}$

Avec :

• K_1: coefficient lié à l'environnement.

• K_2: coefficient de réduction de capacité.

• C_{th}: capacité théorique.

a) Détermination de la catégorie de trafic
La catégorie est déterminée en fonction du trafic poids lourds journalier par sens.

2 Tableau II.2 : Choix de la catégorie C

Catégorie	TPL (PL/j/sens)
C1	<50
C2	50-150
C3	150-300
C4	300-750
C5	>750

TJMAPL 2026= 5222x 42.02% = 2195PL/j

• TPL = TJMAPL 2026 x 90%.

• TPL = 2195 x 90%x0.5

• TPL2026=988PL/j/sens

TPL2026 >750

D'où la catégorie est C5

b) Valeurs des coefficients retenus

3 Tableau II.3 : Valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 a 0.95

4 Tableau II.4 : Valeurs de k2

	Catégorie				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1

E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

5 Tableau II.5 : Valeurs de capacité théorique

Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

Pour le présent projet, les valeurs adoptées sont :

- Environnement : E1 (plaine) ;
- K1= 0.75 (Environnement E1)
- K2=1 ((Environnement E1)
- C_{th}= 1800 uvp/h (Route à deux chaussées séparées)

c) Calcul du débit admissible

Le débit admissible devient :

$Q_{adm} = K1.K2. C_{th}$

$Q_{adm} = 0.75*1*1800 = 1350$ uvp/h

$Q_{adm} = 1350$ uvp/h

II.6.5 Détermination du nombre de voies

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q. C'est à dire : $Q_{adm} \geq Q$

Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$N= [S. Q/Q_{adm}]$, avec :

• Q_{adm} : débit admissible par voie

. • S : coefficient de dissymétrie dans les 2 sens, en générale on prend S=2/3.

N= [S. Q/Q_{adm}] = (2/3. 2528/1350)

N= 1.25

On prend N = 2

Donc : Le nombre des voies de la route est : (2x2 voies).

Route à deux chaussées séparées de deux voies chacune (2×2 voies).

II.6.6 Calcul de l'année de saturation

On a :

$T_{eff\ 2026}$ = [(1-Z) +P. Z]. $TJMA_{2026}$

$T_{eff\ 2026}$= [(1 – 0, 4202) +3×0, 4202] × 5225=9617 UVP/J.

$T_{eff\ 2026}$=9617 UVP/J.

Q_{2026}=0.12×21060=1155 UVP/h.

$Q_{saturation}$ = (1 + τ)*n× Q_{2026}

$Q_{saturation}$ = 4 × Q_{adm}

Q_{sat} = 4×1350

Q_{sat} = 5400 UVP/H

D'où n l'année de sat = $\frac{\ln(\frac{5400}{1155})}{\ln(1+0.04)}$= 39.32ans = 39ans

D'où notre route sera saturée 39 ans après la mise en service donc l'année de saturation est

2026+39 = 2065.

L'année prévisionnelle de saturation de la route est donc l'année 2065.

II.7 CONCLUSION

L'étude du trafic a permis d'analyser la circulation actuelle et future sur la RN1 entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa. Les résultats montrent une augmentation importante du trafic, notamment celui des poids lourds. Les calculs réalisés ont permis de déterminer le trafic à l'année de mise en service ainsi qu'à l'année horizon, et de choisir une route à deux chaussées séparées de deux voies chacune (2×2 voies) afin d'assurer une bonne circulation et une meilleure sécurité des usagers. Cette étude montre également que le dédoublement de la RN1 est nécessaire pour répondre à l'évolution future du trafic et accompagner le développement économique de la région

CHAPITRE III : ÉTUDES GÉOLOGIQUES

CHAPITRE III : ÉTUDES GÉOLOGIQUES

III.1 INTRODUCTION

L'étude géologique, nous a permis de situer la zone d'étude dans son contexte régional et local. Elle est placée sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas-Sahara, dont les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur, composés principalement par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques. Le quaternaire correspond au dépôt de recouvrement alluvionnaire de la plupart des vallées des oueds de la région de Ghardaïa.

Du point de vue hydrologique, la région de Ghardaïa est tracée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont Oued Zegrir, Oued Sebseb, Oued Metlili, Oued N'Sa, et oued M'Zab, l'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab. Les écoulements sont temporaires et s'effectue de l'Ouest vers l'Est pour atteindre rarement la dépression d'Ouargla.

III.2 SITUATIONS GEOGRAPHIQUES

La wilaya Ghardaïa, se situe à 600 Km au sud d'Alger dans la partie centrale du nord du Sahara algérien aux portes du désert à 32° 30 de latitude Nord et à 3° 45 de longitude.

Le territoire de la wilaya couvre une superficie de 86560 Km², comptant 9 daïras et 13 communes.

La wilaya du Ghardaïa est appelée à jouer le rôle de jonction entre la zone des hauts plateaux et le grand sud (Voir la carte n° 01).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Meniaa (270 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad (350 Km).

III.3 RECONNAISSANCES GEOMORPHOLOGIE

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques.

- La Chabka du M'Zab ;
- La Région des dayas ;

- La Région des Ergs.

III.3.1 La Chabka du M'Zab

C’est un plateau crétacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s’enchevêtrer les unes des autres.

Ces vallées sont plus ou moins parallèles et leur pente dirigée vers l’Est.

La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable, et n’atteint pas les cent mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges.

Le plateau rocheux occupe une superficie d’environ 8000 Km², représentant 21 % de la région du M'Zab.

Vers l’Ouest, il se lève d’une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise d’El loua, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement.

Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoua et Hassi –Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau. **[2]**

III.3.2 La Région des dayas

Au sud de l’Atlas saharien d'une part et d’autre part du méridien de Laghouat s’étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l’abondance de ces entités physionomiques et biologiques qualifiées des dayas. Dans la région de Ghardaïa seule la commune de Guerrara, située au nord-est, occupe une petite partie du pays des dayas.

De substratum géologique miopliocene, les dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résulté des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui Entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique.

La région des dayas par sa richesse floristique offre par excellence les meilleures zones de parcours.

III.3.3 La Région des Ergs

Située à l’Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique pliocène, cette région est caractérisée par l’abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux.

Les Regs sont le résultat de la déflation, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf. **[2]**

III.4 RECONNAISSANCES HYDRO-CLIMATOLOGIQUE

La région Ghardaïa se caractérise par un climat très sec la rareté des précipitations rend les terres très hostiles. Pour traiter le volet climatique, nous avons utilisé seulement les données de la station Ghardaïa.

Les donnes utilisées se rapportent à la période allant de l'année 1995 jusqu'à l'année 2015 soit 20 ans d'observation (O.N.M 2018).

Cette station météorologie est localisée à 15 km à l'Est de la ville de Ghardaïa

6 Tableau III.1 : Coordonnées géographiques de la station de Ghardaïa (ONM)

Station	Période :	Altitude	Latitude	Longitude
Ghardaïa	1995/2015	468m	32° 24'N	03 48E

A ce point il faut reconnaître les éléments suivants :

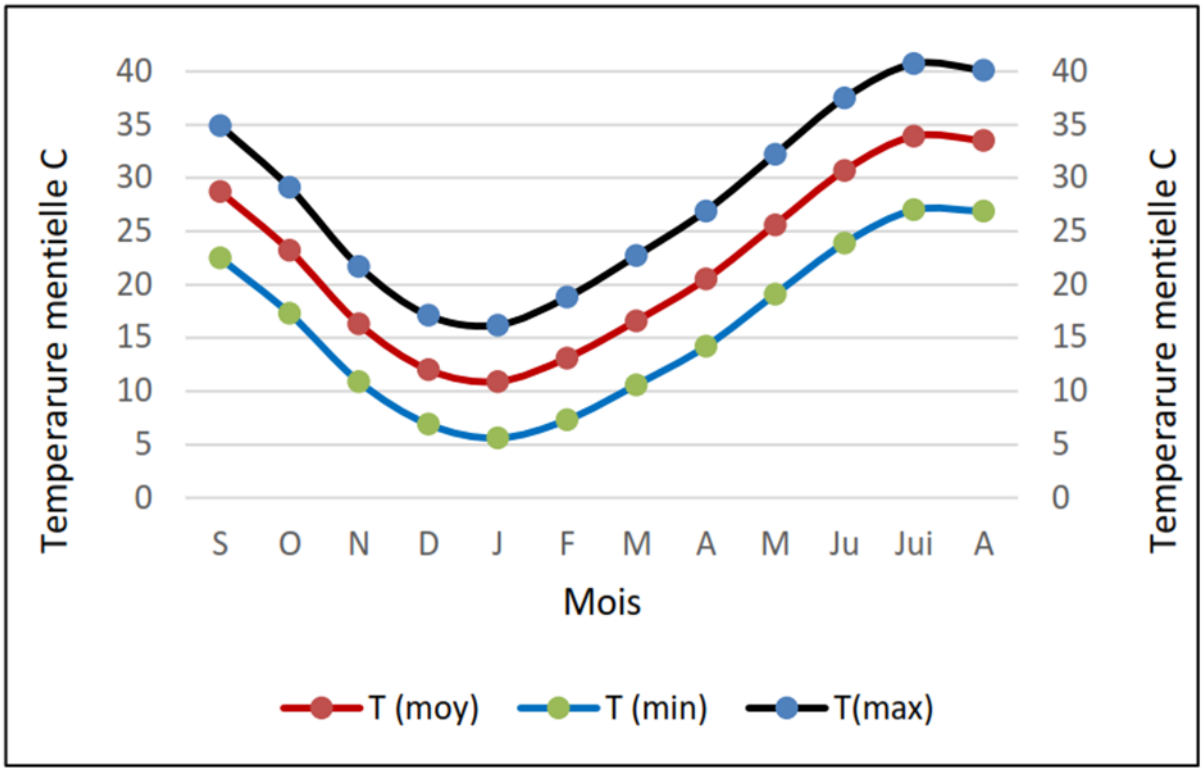
III.4.1 Température

La température est un élément fondamental du climat sa variation influe sur la transformation de l'eau en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. Elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux.

7 Tableau III.2 : Températures moyennes mensuelles (station de Ghardaïa, 1995-2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Ju	Jui	A
T max °C	34,9	29,1	21,7	17,1	16,2	18,8	22,7	26,9	32,2	37,5	40,7	40,1
T Moy °C	28,7	23,2	16,3	12	10,9	13,1	16,6	20,5	25,6	30,7	33,9	33,5
T min °C	22,5	17,3	10,9	6,9	5,6	7,3	10,6	14,2	19,1	23,9	27	26,9

Sur la figure 1 ci-dessous, nous avons tracé les courbes des températures maxima, minima et moyennes



3 Figure III.1 : Variations moyennes annuel des températures

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre.

A travers la figure N°1, nous observons que :

- Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au cours du mois de janvier et les plus élevées au mois de juillet ;
- Les températures moyennes des maximas les plus faibles sont enregistrées au mois de janvier (16.2°C) et les plus importantes au mois de juillet (40.7°C)
- Les températures moyennes des minima varient de 5.6°C (janvier) à 27°C (juillet)
- L'amplitude thermique entre le mois le plus froid (janvier) et le mois le plus chaud (juillet) est très importante avec une valeur approximative de 35°C

III.4.2 Précipitation

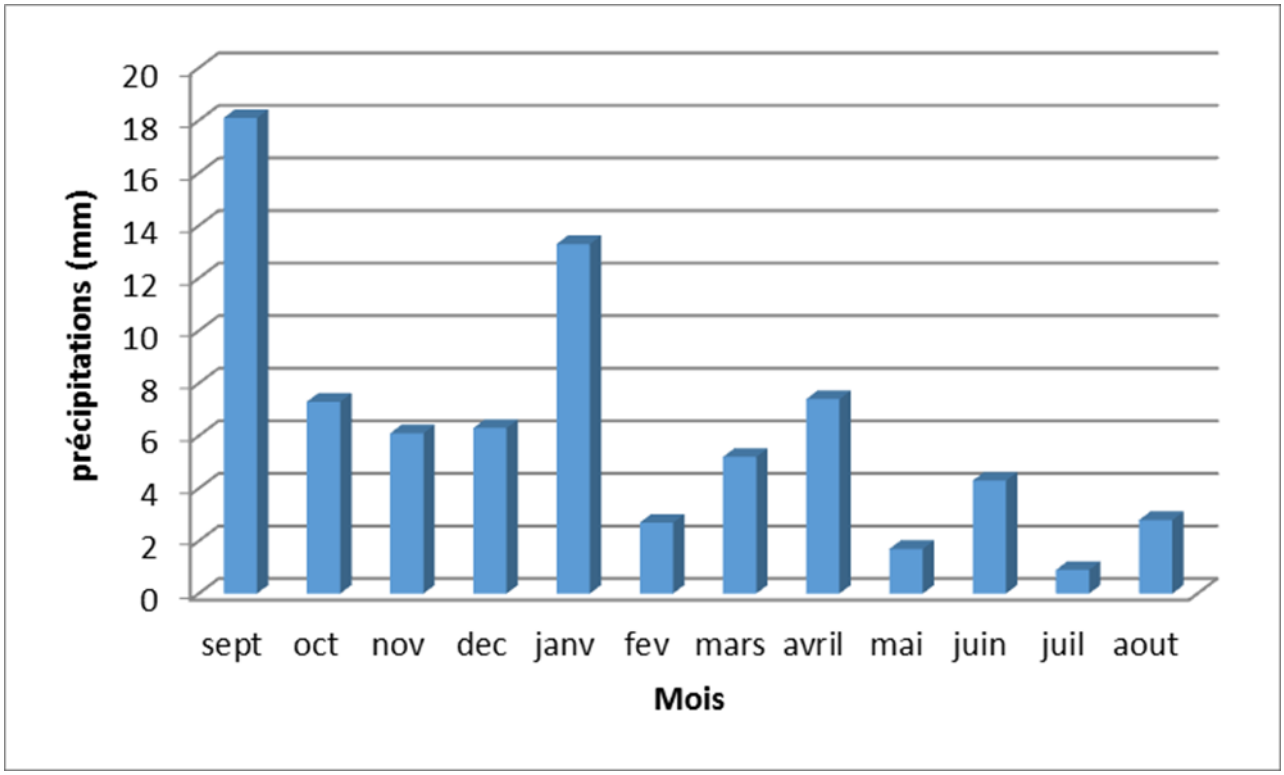
Les précipitations entrent dans le bilan hydrogéologie et pour estimer la réserve d'eau dans la nappe superficielle et le régime des cours d'eau dans le bassin. Elles sont exprimées généralement en hauteur de lame d'eau précipitée par unité de surface horizontale (mm).

III.4.2.1 Les précipitations moyennes mensuelles

Les précipitations sont en générale faibles caractérisant les climats arides. Les valeurs maximales son enregistrées au mois de Septembre (18,1mm) et Janvier (13,3 mm), et la valeur le plus moins a été enregistrées au mois de juillet (1mm). Ce qui explique la sécheresse de la région étudiée.

Tableau III.8 : les précipitations moyennes mensuelles.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Ju	Jui	A	Année
P (mm)	18.1	7.3	6.1	6.3	13.3	2.7	5.2	7.4	1.7	4.3	0.9	2.8	76.1



4 Figure III.2 : Hauteurs moyennes mensuelle de la précipitation

La vitesse moyenne du ***vent*** au cours de l'année 2012 à Ghardaïa fluctue entre 6,2m/s en mois de Septembre et 7,4m/s en mois de Janvier. Apparemment la vitesse des vents est presque faible.

Mais avec cette vitesse on a observé des zones sableuse sur la route RN1.

III.5 RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA REGION

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont Oued Sebseb; Oued Metlili; Oued M'zab; Oued N'sa et Oued Zegrir.

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (**Figure 3 et 4**).

Ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement est sporadique, il se manifeste à la suite des averses orageuses que connaît la région (DUBIEF 1953).

Oued Zegrir

Limité à la hauteur de Guerrara, ce bassin couvre une superficie de 4100 km². Situé en majeure partie sur les affleurements du Miocène et du Pliocène continentaux, il est parsemé de nombreuses daïas, parfois drainées par des oueds (OULD BABA SY 2005).

Oued N'sa

Le bassin du N'sa, présente une superficie de 7800 km² environ ; les limites orientales sont peu précises par suite de la nature géologique de la région. L'artère maîtresse, longue de 320 km, part de la région de Tilrempt, vers 750 m d'altitude, pour aboutir à la Sebkret Safioune, au N de Ouargla, à la cote 107m (OULD BABA SY 2005).

Oued M'Zab

L'oued M'Zab est limité par deux grands oueds : Oued N 'Sa au Nord et Oued Metlili au Sud. La superficie du bassin du M'Zab est de 5000 km environ (DUBIEF 1953). Ses contours sont imprécis dans la partie orientale. L'oued M'Zab coule sensiblement d'Ouest en Est sur 320 km de la région de Botma-Rouila, à 750 m d'altitude (où il prend sa source sous le nom d'Oued El-Abiod), à la Sebkhet Safioune qui est à la cote 107 m avec une pente assez forte entre Ghardaïa et Bounoura (OULD BABA SY 2005).

Oued Metlili

Le bassin du Metlili, limité à l'oasis du même nom, ne dépasse pas 400 km².Il est mal délimité dans sa partie orientale, appartenant au domaine du Pliocène continental, par suite des caractéristiques très spéciales de cet étage géologique sous cette latitude.

D'une longueur totale de 214 km, l'Oued de Metlili est barré à 134 km de son origine par le cordon dunaire de l'Areg Rhanem. Plus en aval, son lit est parsemé de daïas qui absorbent une partie des eaux de ruissellement dont la plus importante est la Daïa Ghemta (OULD BABA SY 2005).

La région de GHARDAIA appartient à l'unité du bassin occidental du Sahara Septentrional, en raison des faibles précipitations.

Dans la région de Ghardaïa, les Oueds sont très abondants, ils représentaient au passé la ressource hydrique des oasis de la région.

Dans le tableau n°04, nous présentons les caractéristiques des Oueds les plus importants.

9 Tableau III.4 : Nombre de jours de crue des oueds de la région de Ghardaïa

Nom	Superficie du bassin versant en Km2	Jours de crue total par période	
		1921-1937	**1950-1961**
Oued Zegrir	**4 100**	**18**	**27**
Oued Ballon	**……**	**16**	**15**
Oued N'Sa	**7 800**	**15**	**24**
Oued Soudan	**…….**	**13**	**21**
Oued Metlili	**400**	**12**	**13**
Oued M'Zab	**5 000**	**9**	**36**

Ainsi la totalité des besoins en eau de cette wilaya sont assurés par les nappes souterraines à savoir celles du Continental intercalaire, Nappe phréatique et Complexe terminal.

Les eaux souterraines constituent les principales ressources hydriques dans le Sahara Algérien avec principalement deux grands réservoirs à savoir :

Nappe albienne du Continental Intercalaire (C I) :

Cette nappe s'étend sur 600 000 Km². Elle est assez profonde et constitue une bonne réserve.

La Nappe du Continental Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'albien qui réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional et à son épaisseur, qui peut atteindre jusqu'a 1 000 m au Nord-Ouest du Sahara.

Dans la région de Ghardaïa, cette profondeur augmente, en allant du Sud vers le Nord ; elle est d'environ 250 m à Hassi Fhel, 350 m à Mansoura, 400 m à 500 m dans la vallée du M'Zab et autour de 900 m et plus à Guerrara et Zelfana.

Cette nappe couvre l'ensemble du territoire de la région ; l'artesianisme est rencontré à Guerrara, Zelfana, Mansoura, et Hassi Fhel .Tandis que dans la vallée du M'Zab, Berriane, Metlili, et Sebseb l'eau est pompée.

Le nombre de forages réalisés dans la wilaya de Ghardaïa est de 345 en 2005.

Les plus grands débits sont obtenus à Guerrara, Zelfana, Metlili (120 l/s) et Hassi Fhel (110 l/s).

Nappe phréatique

La nappe phréatique est un aquifère superficiel dont les eaux sont généralement exploitées par des puits. Elle est alimentée par les pluies et surtout par les crues.

La nappe phréatique de Ghardaïa, a été la ressource hydrique qui a permis aux anciennes populations de se maintenir dans la Chabka. Elle permet aussi l'alimentation des puits des parcours, qui assurent l'abreuvement des troupeaux et leurs possesseurs. Dans cette région, la nappe se trouve à des profondeurs considérables (de 10 à 50m et plus), contrairement à la partie orientale où elle affleure, causant parfois l'asphyxie de palmiers.

Nappe du Complexe Terminal :

Cette nappe n'a pas l'importance du continentale intercalaire (C.I.) ; elle n'en est pas moins présente. Dans tout le bas-Sahara où elle procure des ressources hydriques non négligeables notamment dans les Oasis de Ouargla, Oued Righ et Zibans.

La région de Ghardaïa à cause de son altitude, ne bénéficie pas des eaux de cette nappe.

III.6 RECONNAISSANCES GEOLOGIQUE

III.6.1 Cadre géologique régionale

Au Sahara algérien, les travaux de (Busson 1972 ; FABRE 1976) constituent les références de base pour une bonne compréhension de la géologie du Sahara algérien. Toutefois, un complément d'information est recherché dans les différentes cartes géologiques couvrant cette région (OSS 2003). Des études récentes sont réalisés par SONATRACH et ENAGEO, ces auteurs ont travaillés et publiés des articles et des ouvrages sur la géologie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional, surtout dans le cadre de la géologie pétrolière.

La région de Ghardaïa fait partie du bassin sédimentaire du Sahara Nord-Est Septentrional. De la base du bassin au sommet, les forages de reconnaissances ont mis en évidence les séries sédimentaires suivantes :

III.6.1.1 Formation de 1 ère secondaire

a) ***Trias*** : (Busson 1972) souligne la grande de facies et d'épaisseur du trias. Il correspond à de dépôts épais de grès d'environ 500meter, dont la perméabilité est

variable mais rarement nulle, surmontes par une puissante série salifère de 500 mètres composée de sel gemme, d'anhydrite, de dolomite et d'argile.

b) ***Jurassique inferieur et moyen*** : Le Lias-Dogger comprend essentiellement des couches lagunaires constituées de sel, d'anhydrite et d'argiles qui deviennent par la suite, marines et se présentent sous forme de calcaires et argiles avec des bancs d'anhydrite. La transgression jurassique couvre tous le bassin du Grand Erg oriental et les Séries jurassiques y sont épaisses. Au sondage de Berriane (1953) il a été recoupé sur une épaisseur de 689 mètres.

c) ***Crétacé inferieur :*** Représenté par les grès et les sables à passées argilo-gypseuses du « Continental intercalaire » qui correspond à une énorme série de remblaiement continental de 200 à 1100 m d'épaisseur. Les grès et les sables, très perméables, constituent le plus grand horizon aquifère du Sahara. En partant des séries les plus anciennes, le crétacé inférieur comprend.

d) ***Néocomien :*** Comprenant, dans le Bas-Sahara, des argiles vertes et rouges avec de l'anhydrite en bans massifs qui se déposent à la base. Ils sont surmontés par une alternance de dolomies et d'argiles.

e) ***Barrémien :*** Marqué par un énorme épandage détritique généralisé sur tout le bassin du Sahara, formé de grès, sable fin à grossier, d'argile à intercalations de calcaire. L'épaisseur des sédiments varie notablement d'un point à l'autre. Au centre du bassin, son épaisseur atteint 1100 mètres, sur les bordures, il est moins épais, compris entre 300 et 600 mètres.

f) ***Aptien :*** Sur les sondages, il représente un bon repère lithologique sur une grande partie du bassin (FABRE 1976), composé de dolomie, alternance d'anhydrite, d'argile et de lignite (sédimentation lagunaire).

L'épaisseur moyenne de cette barre aptienne est de l'ordre de 20 à 30 mètres.

g) ***Albien :*** Cet étage il est compose par une alternance de marnes, de grès et sables très fins et par des intercalations des calcaires avec passages de silex et d'argile. L'épaisseur de cet étage peut atteindre 400mètres.

h) ***Le cénomanien :*** Tous les forages réalises dans cette région ont montré que cet étage il est forme par d'argile grise et verte a gypse et anhydrite avec intercalation au sommet de banc de calcaire dolomitique. L'épaisseur varie entre 300 à 500 mètres.

La limites de cet étage, on peut dire que la limite inferieure est caractérises par l'apparition d'évaporites et de dolomies, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaire correspondants à la limite inférieure du turonien.

i) ***Le turonien :*** C'est étage représente par des calcaires dolomitiques. Il forme la dorsale du M'Zab, le plateau du Tinhert et du Tademaït.

Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre elle en moyenne de 120 mètres.

j) ***Sénonien :*** Les sédiments de cet étage montrent que le sénonien est forme de deux ensembles très différents du point de vue facies : d'un milieu lagunaire suivi d'un autre franchement marin.

k) ***Sénonien inferieur lagunaire :*** Le sénonien lagunaire est caractérisé par une formation argileuse, rouge et jaunâtre et surtout les bancs de gypse et d'anhydrite et de sel gemme, avec quelque intercalation de marne dolomitique. Dont l'épaisseur avoisine 120 mètre.

l) ***Sénonien supérieur carbonaté :*** Ce second sous étage est représenté par des dolomies, du calcaire dolomitique avec des intercalations marno-argileuses et de calcaires crayeux perméables. Son épaisseur est d'environ 100 mètres.

III.6.1.2 Formation de 1 ère tertiaire

a) ***L'Eocène*** : On distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques :

b) ***Eocène inferieur (carbonaté)*** : Il est composé de bancs de dolomies, de calcaire dolomitique, de calcaire à Nummulites et à rognons de silex. Il s'étend sur une grande partie du bassin du Sahara, on le retrouve en affleurement au Nord-Est de la dorsale du M'Zab et sur le versant septentrional des plateaux de Tinhert et Tademaït.

L'épaisseur moyenne est de l'ordre de 100 mètres.

c) ***Eocène moyen (évaporitique)*** : Au-dessus de l'Eocène carbonaté il s'agit d'une série lagunaire composée par une alternance de calcaire, d'argiles, de marnes et d'anhydrites.la série constitue le dernier épisode marin du Sahara septentrionale algérien (Busson 1972).

L'épaisseur moyenne d'environ de 180 mètres.

d) **Le Miopliocène :** Formation continentales détritique recouvrant tout le bassin du bas-Sahara, elle constituées par d'argiles sableuse et de sables moyens à grossiers rougeâtre, plus moins consolidés en grés, elle affleure au Nord-Est de dorsale du M'Zab le long de l'oued Zegrir jusqu'au sud de l'oasis du Guerrara.

L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 à 200 mètres.

III.6.1.3 Formation du quaternaire

Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

L'épaisseur variant entre 20à 30 mètres

III.6.2 Cadre géologique locale

La wilaya de Ghardaïa est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas - Sahara, les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur. Du point de vue lithologique, ces affleurements sont de type (ANRH 2016) :

- Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-Ouest attribués au Cénomanien,
- Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien,
- Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien,
- Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-Est attribués au Miopliocène,
- Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds.

a) ***Albien*** : Il correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire. Ce sont des grés, sable argileux est sable. Elle est recoupe par les sondages sur une épaisseur de 500 mètres et sont représentés par des sables fins a grossier jaunâtres par fois rougeâtres à rose, avec des intercalations d'argiles verdâtres.

Cet étage représente une grande importance hydraulique pour la région.

b) **Cénomanien :** Cet étage présent un facies argileux, formé essentiellement par d'argiles grises, brunes, parfois noirâtres, compactes et bariolée à gypses vitreux, argiles grisâtres claires sableuses à la base.

L'épaisseur moyenne du cénomanien dans la région du M'Zab est de 230 mètres.

c) **Turonien :** Constitue le plateau rocheux de la dorsale du M'Zab, ayant une épaisseur de l'ordre de 110 mètres. Il s'agit d'une formation essentiellement calcaires dolomitiques à souvent fossilifères. On note aussi des structures d'Endokarst fossiles, occasionnant des pertes totales ou partielles de la boue lors de l'exécution des sondages hydrauliques (ACHOUR, 2014).

d) **Sénonien :** Il est constitué de deux formations lithologiques superposées :

1. **Sénonien inférieur :** Le sénonien inférieur est caractérisé par des argiles marneuses jaunâtres et rouges, avec des intercalations de bancs de gypses et d'anhydrites, présentés dans les forages hydrauliques dans la région de Guerrara et Zelfana, il atteint de 79 mètres d'épaisseur.
2. **Sénonien supérieur :** Il affleure seulement dans la partie orientale de la dorsale du M'Zab et coiffe l'ensemble des buttes témoins de celle-ci. Il est formé de calcaire marneux à argiles.

e) **Miopliocène :** Recoupé par les sondages exécutés à l'Est du M'Zab (Guerrara), formé un dépôt de sables rouge plus moins consolidés. Grés durs à tendre rose, à lits argileux. Présente sur une profondeur de 65 mètres.

f) **Quaternaire :** Formé par des alluvions et de sables plus moins grossiers, argileux, remplissant les bas-fonds des vallées des oueds. L'épaisseur de cet horizon varie entre 20 à 30 mètres.

III.7 DESCRIPTION GEOLOGIQUE SOMMAIRE DU TRACE

Le tracé du dédoublement de la RN1, qui relie du nord au sud, la ville de Ghardaia avec la ville d'El Meniaa, sur une distance de **260km**, traverse des terrains sédimentaires attribué stratigraphiquement au Crétacé et au quaternaire. Et selon la géomorphologie rencontrée, le tracé se développe dans différents paysages.

Comme on à commencer de Ghardaia vers d'El Meniaa, le PK0+000 est pris du départ de la ville d'El Meniaa.

III.8 CONCLUSION

L'étude géologique de la région de Ghardaïa a permis de connaître les caractéristiques naturelles du terrain traversé par le projet de dédoublement de la RN1 entre Ghardaïa et El Meniaa. Cette étude montre que la région est composée principalement de terrains calcaires, argileux et sableux appartenant au Crétacé et au Quaternaire. Le tracé traverse différents paysages comme la Chabka du M'Zab, les dayas et les zones sableuses. La région possède un climat aride avec des températures élevées, de faibles précipitations et des écoulements temporaires des oueds. Les eaux souterraines représentent la principale ressource en eau de la région. Les reconnaissances géologiques réalisées permettent de mieux comprendre la nature des terrains et leurs caractéristiques géotechniques. Ces informations sont importantes pour le choix des solutions techniques, le dimensionnement de la chaussée et la stabilité du projet routier.

Ainsi, cette étude constitue une étape essentielle pour assurer la bonne réalisation et la durabilité du projet de dédoublement de la RN1

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONTROLE GEOTECHNIQUE

CHAPITRE IV : ETUDE ET CONTROL GEOTECHNIQUE

IV.1 PRESENTATION DE PROJET :

Le présent projet du dédoublement concerne un tronçon de la route nationale RN 01 au niveau de la wilaya de Ghardaïa menant vers le grand sud (**El-Menia –IN Salah et Tamanrasset entre le carrefour RN01/RN49 et le pont de oued metlili)** sur un linéaire de 10 km.

IV.2 CONSISTANCE DES TRAVAUX

Les travaux de ce projet consistent en :

- Réalisation des travaux de terrassement (déblais ; remblais) ;
- Réalisation d'une couche de forme en matériau sélectionné sur 20 cm d'épaisseur ;
- Réalisation d'une couche de fondation en grave concassé (0/31.5) sur 20 cm d'épaisseur ;
- Réalisation d'une couche d'imprégnation en Cut-back 0/1 ;
- Réalisation d'une couche de base en GB (0/20) sur 13 cm d'épaisseur ;
- Réalisation d'une couche d'accrochage en émulsion (65%) ;
- Réalisation d'une couche de roulement en BB (0/14) sur 6 cm d'épaisseur ;
- Rechargement des accotements et T.P.C en matériau locaux (tuf) sur 39 cm d'épaisseur
- Réalisation des passages hydrauliques (buses, cadres).

IV.2.1 Matériel sur chantier

Le matériel sur le chantier est comme suit :

IV.2.2 Matériel de blanc

- Compacteurs pneumatiques
- Compacteurs cylindriques
- Citernes d'eau
- Niveleuses
- Chargeur
- Bulldozeurs
- Camions transports

- Pelle hydraulique

IV.2.3 Matériel de Noire

- finisher
- Compacteurs pneumatiques
- Compacteurs cylindriques
- Camions transports

IV.2.4 Intervention du laboratoire :

- Vérification de la qualité du matériau naturel utilisé dans les remblais ;
- Vérification de la GNT 0/31.5 à utiliser en couche de fondation de ce projet ;
- Vérification des agrégats utilises en enrobés et travaux de blanc.
- Contrôle de compactage des différentes couches de remblai, couche de forme et couche de fondation par gamma densimètre ;
- Contrôle de compactage de la couche de forme par l'essai à la plaque ;
- Contrôle de dosage et la température de cut-back 0/1 ;
- Vérification et étalonnage du poste d'enrobage ;
- Contrôle journalier des travaux de réalisation de la couche de basse et la couche de roulement.
- Contrôle de qualité de béton ;

Supervision technique

IV.2.5 Résultat des essais sur le matériau utilisé aux remblais :

❖ Un échantillon (N°18) du matériau a été prélevé sur chantier le 06/08/2025 au niveau de l'emprunt N°03 de Pk 625 de la RN°01 sur le côté gauche vers El-Menia. L'échantillon a été ramené au laboratoire par notre équipe, afin de déterminer ses caractéristiques géotechniques.

Les résultats d'analyse obtenus peuvent être présentés comme suit :

10 Tableau IV.1 : Résultat des essais sur le matériau utilisé aux remblais

Echantillon	Granulométrie (%) (NA 2607-1-2014)					
	< 50 mm	< 20 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 0.2 mm	< 0.08 mm

Tuf	81	72	55	49	30	21

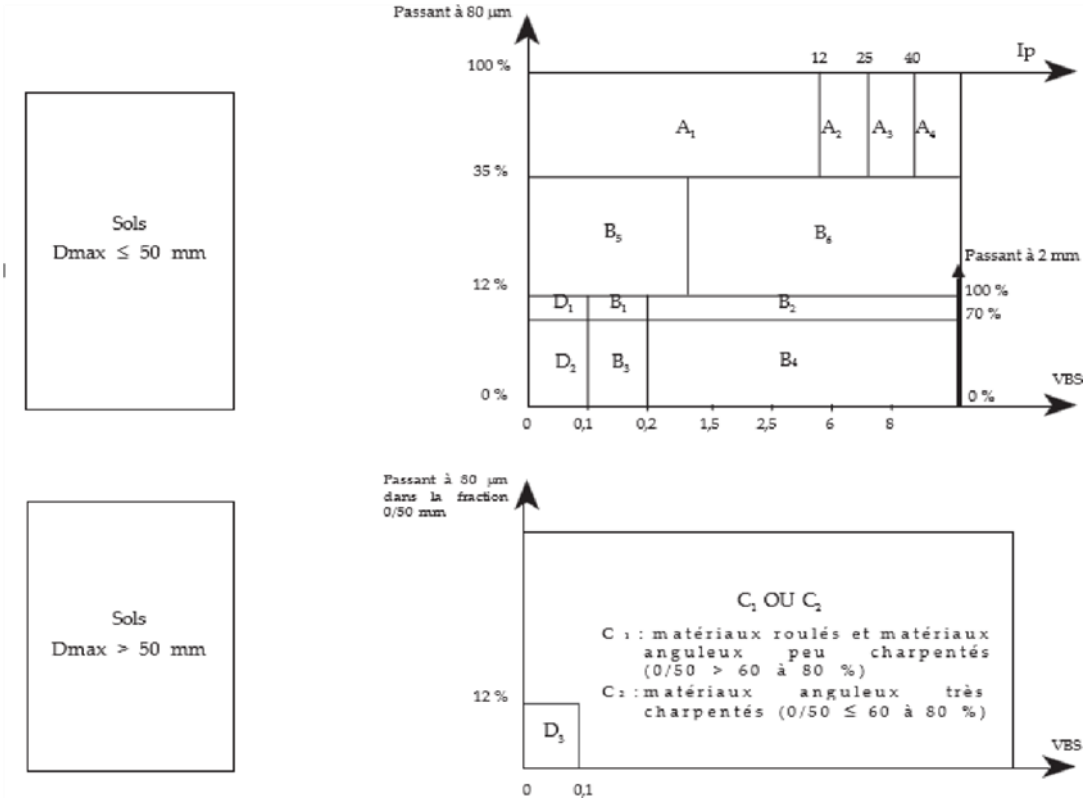
11 Tableau IV.2 : Résultat des essais sur le matériau utilisé aux remblais

Echantillons	Analyse chimique (NF15-461/BS1377/ méthode de Mohr)			Limites d'Atterberg NF P94-056		Proctor Modifié NF P94-093		Résistance à la compression (bars)		
ESSAI	**INS %**	***So*$_3^{-2}$ *%***	***Caco* ^{3} *%***	**WL %**	**Ip %**	**Wopt %**	**γmax (t/m^3)**	**95 %**	**98 %**	**100 %**
Tuf Ech au **PK625**	/	/	/	30.02	9.59	12.22	1.98	12	15	19

IV.3 CLASSIFICATION DES MATERIAUX SELON LE GTR

La classification des matériaux a été effectuée conformément au Guide des Terrassements Routiers (GTR) du SETRA-LCPC. Cette classification est basée sur les caractéristiques granulométriques et les propriétés de plasticité des matériaux.

La figure dans la page suivante représente les déférentes classes du sol :



5 Figure IV.1 : Abaque de classification GTR

IV.3.1 Classification NF P 11-300

Selon la norme NF P 11-300 :

- Passant à 80 µm = 21 %
- Plasticité faible (IP = 9.59 %)

Le matériau appartient à la famille : → **C2**

Classement selon la nature du matériau

IV.3.2 Granularité

Données :

- Passant à 50 mm = 81 %
- Passant à 80 µm = 21 %

On a :

- Dmax ≤ 50 mm
- 5 % < passant à 80 µm = 21 % < 35 %

Le matériau appartient donc à la famille :

Sols sableux et graveleux avec fines → **Classe B**

IV.3.3 Argilosité

Données :

- IP = 9.59 %

Selon le GTR :

- IP < 12 %

Le matériau est classé : → B5

IV.3.4 Classement selon l'état hydrique

Données :

- Wn ≈ Wopt
- Wopt = 12.22 %

Lorsque la teneur en eau est proche de l'optimum Proctor :

0.9 Wopt ≤ Wn ≤ 1.1 Wopt

Le matériau est dans l'état : m (état moyen)

IV.3.5 Classification GTR finale

Le matériau est donc classé : **B5m**

Nature du sol : Sables et graves très silteux

Aptitude : Bon matériau de terrassement pouvant être utilisé en remblai après compactage.

12 Tableau IV.3 : Classification GTR

N° Puits	Condition	Classification GTR	Nature de sol
P01 + P02	Dmax<50mm **et** Tamisât à 80µm = 13 % < 35 % VBS ≤ 1.5 ; 0.9 ≤ W_n/W_{0pt} < 1.1	B5m	Sables et graves très silteux

13 Tableau IV.4 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B_5m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l'excès de teneur en eau ou au contraire, conduire à un matériau sec, difficile à compacter	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai, avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (□ 10 m)	2 0 0 0 0 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2
		–	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage** W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense	0 0 0 0 0 1

Source GTR Juillet 2000 2éme Edition

Le matériau de ce gite possède une granulométrie étalée avec une fraction fine peu plastique et une densité sèche maximale 1.98 t/m3 pour un teneur en eau optimale de 12.22% selon **NA 5270 – 1995 et la NF P 11-300, il est acceptable pour leur utilisation dans les terrassements de chaussées de route nationale. Il appartient à la classe C2.B5**

IV.4 LE CONTROLE DE COMPACTAGE DES REMBLAIS :

La mise en œuvre des matériaux des terrassements a été menée d'une façon normale et le compactage était en combinat entre le compacteur pneumatique et le cylindre lisse contrôle a porté sur la mesure de la compacité conformément aux conditions du CPS pour leur acceptation.

Des mesures de densité in situ ont été effectuées au Gamma densimètre aux sections de remblais réalisés où on a eu des résultats varient entre 94 et 99 % (voir annexe).

Le tableau ci-dessous ressème les réceptions géotechniques réalisé :

14 Tableau IV.5 : les réceptions géotechniques réalisées

Section contrôlé (Pk)	Densité (t/m3)	Teneur en eau (%)	Compacité (%)	Observation

Du Pk 10+900 au pk 11+500	Entre 1.80 et 1.84	Entre 7.56 et 9.14	Entre 94 et 95	3em couche de remblai (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+500	Entre 1.80 et 1.84	Entre 8.54 et 9.17	Entre 94 et 96	4em couche de remblai (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia
Du Pk 9+900 au pk 10+200	Entre 1.79 et 1.83	Entre 5.55 et 6.18	Entre 97 et 99	Couche de forme (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 9+900 au pk10+200	Entre 2.10 et 2.14	Entre 5.57 et 6.10	Entre 97 et 99	couche de fondation (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia))
Du Pk 10+900 au pk 11+500	Entre 1.74 et 1.78	Entre 5.58 et 6.13	Entre 95 et 96	5em couche de remblai (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+500	Entre 1.76 et 1.78	Entre 6.58 et 7.17	Entre 94 et 96	6em couche de remblai ‘’ (chaussée GAUCHE de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+500	Entre 1.74 et 1.80	Entre 7.55 et 8.14	Entre 94 et 97	7em couche de remblai (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+700	Entre 1.74 et 1.80	Entre 6.65 et 8.21	Entre 94 et 97	PST (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+400	Entre 1.79 et 1.83	Entre 6.57 et 7.15	Entre 97et 99	Couche de forme (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)
Du Pk 10+900 au pk 11+400	Entre 2.10 et 2.14	Entre 5.57 et 6.15	Entre 97 et 99	Couche de fondation (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)

IV.5 CONTROLE DE COMPACTAGE DES COUCHES DE REMBLAIS ET COUCHE DE FORME PAR ESSAI A LA PLAQUE :

Pour conformer le compactage et la portance de la PST, un essai de chargement avec l'essai de plaque a été fait sur la couche de forme, les résultats obtenus sont :

15 Tableau IV.6 : Contrôle de compactage des couches de remblais et couche de forme par essai à la plaque

	Points (Pk)		**Ev1 (bars)**	**Ev2 (bars)**
Couche de forme				
	Pk 09+900 au pk 10+200	Couche de forme de chaussée gauche de la RN 01 en allant vers El-Menia	225	250
	Pk 10+900 au pk 11+400	Couche de forme de chaussée gauche de la RN 01 en allant vers El-Menia	200	234
Couche des remblais				
	Pk 10+900 au pk 11+500	3em Couche de remblai de chaussée gauche de la RN 01 en allant vers El-Menia	150	243
	Pk 10+900 au pk 11+500	6em Couche de remblai de la chaussée gauche de la RN 01 en allant vers El-Menia	183	250

Ces résultats montrent que le coefficient Ev2 est supérieur à 120 MPa justifiant un

Compactage conforme

IV.6 CONTROLE DES TRAVAUX DE NOIR :

IV.6.1 Vérification de la qualité des granulats destiné pour la fabrication d'enrobé :

Les granulats destiné pour la fabrication d'enrobé (GB 0/20 et BB 0/14) ont été stockés stocké au niveau de la station de concassage de l'entreprise sis à la zone industrielle de Metlili, CW106 PK 08 les essais physico-mécaniques effectués sur les échantillons : 0/3, 3/8,8/15 et 15/25 analysés présentent des caractéristiques physico-mécaniques et géotechniques acceptables pour son utilisation dans les travaux d'enrobés.

N.B : le sable 0/3 de Metlili utilisé uniquement dans la GB et sable 0/3 Djelfa utilisé dans le mélange BB.

Les granulats ont fait l'objet d'essais de laboratoire suivants :

- Analyse granulométrique ;
- Coefficient d'Aplatissement (Ap) ;
- MICRO-DEVAL en présence d'eau (MDE) ;
- LOS ANGELES (LA) ;
- Propreté % ;
- Équivalent de sable à 10 % de fines (ES à 10%);
- Essai au bleu de méthylène (VB).

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants

- ✓ **GRAVIER :**

16 Tableau IV.7 : Les résultats obtenus de contrôle des travaux de noir

Echantillons	Granulométrie	LA (%)	MDE (%)	AP (%)	Propreté (%)
3/8 Metlili	Dans le fuseau	18	16	12	/
8/15 Metlili	Dans le fuseau	20	19	15	/
15/25 Metlili	Dans le fuseau	25	/	/	/

- ✓ **SABLE :**

17 Tableau IV.8 : Les résultats obtenus de contrôle des travaux de noir

Echantillon	ES à 10 %	VB	<0.08 %
0/3 Metlili	62	/	15
0/3 Djelfa	75	/	18

IV.7 CONTROLE DE LA QUALITE ET DE LA MISE EN ŒUVRE DE L'ENROBE :

Durant la préparation d'enrobé, l'équipe du laboratoire sur le poste d'enrobage a contrôlé toutes les étapes de production, il a quotidiennement effectué des analyses granulométriques pour vérifier à blanc et aussi procédé à des mesures de température de l'enrobé et du dosage en liant.

Les résultats de contrôle obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

18 Tableau IV.9 : Les résultats de contrôle de la qualité et de la mise en œuvre de l'enrobé

Contrôle de GB (0/20) chaussée droit vers El-Menia				
Date	**Sections réalisées**	**Granulométrie**	**Température Poste/chantier**	**Dosage en liant**
08/09/2025	DU PK 06+000 AU PK 06+300	Dans le fuseau	160/156	3.80
Contrôle de BB (0/14) chaussée droit vers El-Menia				
09/09/2025	DU 05+700 AU PK 06+300	Dans le fuseau	163/159	6.20

IV.7.1 Contrôle de compactage de GB 0/20 et BB 0/14 :

Le contrôle de compacité présente une phase importante dans l'évaluation de la qualité des enrobés bitumineux, les travaux de carottage ont été effectué durant la journée, dont le but est de déterminer les épaisseurs et les densités d'enrobé réalisé, les carottes prélevées ont été soumises à l'essai de densité hydrostatique et les résultats obtenus sont comme suit :

A) GB 0/20

19 Tableau IV.10 : les résultats obtenus de Contrôle de compactage de GB 0/20

Lieu de prélèvement Pk	***Position***	***Epaisseur (cm)***	***Densité (t/m^3)***	***Densité théorique (t/m^3)***	***Compacité (%)***	***Accrochage***	***OBS***

5+700	*A*	*13.11*	*2.32*	*2.47*	*94*	*/*	*Pk 05+700au pk 06+300 de la chaussée droit de la RN°01 en allant vers El-Menia*
6+000	*D*	*13.21*	*2.31*		*93*	*/*	
6+300	*A*	*12.78*	*2.33*		*94*	*/*	

B) BB 0/14 :

20 Tableau IV.11 : les résultats obtenus de Contrôle de compactage de GB 0/14

Lieu de prélèvement Pk	**Position**	**Epaisseur (cm)**	**Densité (t/m³)**	**Densité théorique (t/m³)**	**Compacité (%)**	**Accrochage**	**OBS**
4+175	**A**	**6.08**	**2.26**	**2.40**	**94**	**BON**	**Pk 05+700au pk 06+300 de la chaussée droit de la RN°01 en allant vers El-Menia**
4+450	**D**	**6.17**	**2.30**		**95**	**BON**	
4+815	**A**	**6.31**	**2.27**		**94**	**BON**	

Ces résultats montrent que le degré de compactage est bien métrisé

IV.6.2 Contrôle de dosage en liant du cut-back 0/1 imprégné sur la couche de fondation :

Les résultats de contrôle obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

21 Tableau IV.12 : Les résultats de contrôle de dosage en liant du cut-back 0/1 imprégné sur la couche de fondation

	Section	**Dosages contrôlé (kg/m²)**	**Dosages moyen (kg/m²)**	**Dosages théorique (kg/m²)**	**Température du cut-back 0/1 (°C)**

	Du Pk 09+900au Pk 10+200 (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)	Prélèvement N°	1	1.130	1.125	Entre 1.0 et 1.2	75
			2	1.120			75
	Du Pk 10+900 au Pk 11+300 (chaussée gauche de la RN°01 en allant vers El-Menia)	Prélèvement N°	1	1.120	1.130	Entre 1.0 et 1.2	76
			2	1.140			76
	Du Pk 03+375 au Pk 4+225 (chaussée gauche de la RN°49 en allant vers Zelfana)	Prélèvement N°	1	1.090	1.080	Entre 1.0 et 1.2	65
			2	1.070			65

IV.7.3 Contrôle de la qualité de béton :

Les travaux de béton destiné pour la réalisation des éléments des passages hydrauliques,

L'équipe du laboratoire a assisté avec l'entreprise les différents coulages des éléments des ouvrages cités ci-dessus, le contrôle se résume en :

- ✓ Vérification des caractéristiques des granulats utilisés dans la fabrication du béton ;
- ✓ Vérification des affaissements en cône d'Abrams au niveau de chantier ;
- ✓ Vérification de températures ambiantes et de béton ;
- ✓ Vérification des résistances de béton a la compression des éprouvettes (RC).

IV.6.3.1 Agrégats :

Les différents essais effectués sur les agrégats :

- ✓ - Analyses granulométriques des granulats : NA 2607
- ✓ - Le cœfficient d'aplatissement : NFP18-561
- ✓ - Equivalent de sable : NA 455
- ✓ - Le cœfficient Los Angeles LA : NA 4458
- ✓ - MICRO-DEVAL en présence d'eau (MDE)
- ✓ La synthèse des résultats de contrôle sur les agrégats :

22 Tableau IV.13 : Les différents essais effectués sur les agrégats

Classe granulaire		Caractéristiques			
	GRANULO	APP (%)	LA (%)	MDE (%)	ES (%)
3/8	D-F	12	18	16	/
8/15	D-F	15	20	19	/
15/25	P-D-F	/	25	/	/
Sable Laghouat	P-D-F	/	/	/	68

✓

D-F : Dans le fuseau P-D-F : Partiellement dans le fuseau

D'après ces résultats, les agrégats analysés possèdent des caractéristiques physico-mécaniques conformes aux exigences.

IV.6.3.2 la composition de béton :
Les pourcentages arrêtés par la formulation sont consigné dans le tableau suivant :

23 Tableau IV.14 : Les pourcentages arrêtés par la formulation

Composants	composition en masses(Kg)
Ciment CRS	350
SABLE	721
3/8	234
8/15	377
15/25	549
EAU	175
ADJUVANT SIKA VISCO 4037	3.5

IV.7.3.3 Synthèse de contrôle de béton :

24 Tableau IV.15 : contrôle de béton

Ouvrage	**Date de coullage**	**T ambiant (C°)**	**T de**	**RC (MPA) a**	**RC(MPA) a 28jour d'âge**

			béton (C°)	**7jour d'âge**	
Dalle dalot de PR **205 cote. Droit vers El-Menia**	12/07/2025	33	35	32.6	37.3
Tète d'ouvrage du dalot de PR **205 cote. Droit vers El-Menia**	16/07/2025	35	36	24.8	29.2
Semelles mue en retour buse PR **33 cote. Droit vers El-Menia**	20/07/2025	34	38	29.2	39.2
Mure en retour buse PR **331 cote. Droit vers El-Menia**	23/07/2025	33	35	28.0	32.5
Semelles Mure en retour du Dalot PR **205 cote. Droit vers El-Menia**	31/07/2025	34	35	32.5	34.2
Mure en retour du Dalot PR **205 cote. Droit vers El-Menia**	04/08/2025	33	32	23.6	34.0
Semelles Mure en retour du Dalot PR **205** et buse de **PR327 et 332 cote. Droit vers El-Menia**	08/08/2025	35	30	32.8	

IV.8 CONCLUSION

Selon la classification GTR, ce matériau appartient à la classe C2B5. Les caractéristiques mécaniques obtenues permettent de conclure que ce matériau est conforme aux exigences des terrassements routiers et peut être utilisé pour la réalisation des remblais et des couches de forme du projet de dédoublement de la RN1 entre le PK 621+000 et le PK 631+000.

Les contrôles géotechniques réalisés dans le cadre du projet de dédoublement de la RN01 entre le PK 621+000 et le PK 631+000 ont permis de vérifier la qualité des matériaux et la bonne exécution des travaux.

Les essais effectués sur les remblais, les couches de chaussée, les enrobés et le béton ont donné des résultats satisfaisants et conformes aux exigences techniques. Les contrôles de

compactage ont montré une bonne stabilité et une bonne portance des différentes couches réalisées.

Les matériaux utilisés pour les travaux de terrassement, les enrobés et les ouvrages hydrauliques présentent des caractéristiques adaptées aux besoins du projet.

Ainsi, l'ensemble des travaux contrôlés est jugé conforme, ce qui permet d'assurer la sécurité, la stabilité et la durabilité de la route projetée.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

V.1 INTRODUCTION

La qualité d'un projet routier ne dépend pas uniquement de l'obtention d'un bon tracé en plan ou d'un profil en long satisfaisant. Une fois mise en service, la route doit être capable de résister aux différentes sollicitations extérieures ainsi qu'aux charges dues à l'exploitation.

En effet, la chaussée est soumise en permanence aux agressions climatiques et mécaniques telles que :

- Les charges répétitives des essieux des véhicules, notamment les poids lourds ;
- Les variations de température ;
- Les précipitations ;
- Les phénomènes de gel et de dégel ;
- Les vents de sable et autres facteurs environnementaux.

Pour garantir la durabilité et le bon comportement de la route durant toute sa durée de vie, il est indispensable d'assurer à la fois :

- De bonnes caractéristiques géométriques ;
- De bonnes caractéristiques mécaniques ;
- Une qualité adéquate des matériaux utilisés ;
- Une exécution conforme aux normes techniques.

Le dimensionnement du corps de chaussée constitue ainsi une étape essentielle dans l'étude d'un projet routier. Il consiste à déterminer la nature des matériaux à utiliser ainsi que l'épaisseur des différentes couches composant la structure de chaussée, de manière à assurer une résistance suffisante face aux sollicitations du trafic et aux conditions climatiques.

Le dimensionnement est principalement basé sur les paramètres suivants :

- Le trafic routier ;
- Les conditions climatiques et environnementales ;
- Les caractéristiques du sol support.

V.2 LA CHAUSSEE

V.2.1 Définition

Après l'exécution des travaux de terrassement et de mise en forme de la plate-forme, la route commence à prendre son aspect définitif sur le terrain. La chaussée constitue alors l'élément principal permettant d'assurer la circulation des usagers dans de bonnes conditions de sécurité et de confort.

La chaussée a pour rôle principal :

- De supporter les charges dues au trafic ;
- De transmettre les efforts au sol support ;
- D'assurer une circulation confortable et sécurisée ;
- De protéger le sol support contre les agressions extérieures.

D'un point de vue structurel, la chaussée est définie comme un ensemble de couches de matériaux superposées destinées à répartir les charges transmises par les véhicules vers le terrain naturel dans des conditions admissibles.

V.2.2 Différents types de chaussées

Selon leur conception et les matériaux utilisés, les chaussées peuvent être classées en trois grandes catégories :

- Les chaussées souples ;
- Les chaussées semi-rigides ;
- Les chaussées rigides.

V.2.2.1 Chaussée souple

Les chaussées souples sont constituées de plusieurs couches de matériaux granulaires ou bitumineux ne présentant pas de résistance importante à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures.

Ce type de chaussée est le plus utilisé en Algérie en raison de sa simplicité de mise en œuvre et de son adaptation aux conditions climatiques et économiques.

Une chaussée souple comprend généralement les couches suivantes :

a) Couche de roulement

La couche de roulement constitue la couche supérieure de la chaussée. Elle est directement en contact avec les pneumatiques des véhicules et subit les agressions climatiques et mécaniques.

Elle assure plusieurs fonctions :

- La protection des couches inférieures ;
- L'imperméabilisation de la chaussée ;
- La sécurité et le confort des usagers ;
- La résistance aux efforts de cisaillement provoqués par le trafic.

L'épaisseur de cette couche varie généralement entre 6 et 8 cm.

b) Couche de base

La couche de base joue un rôle structural essentiel dans la chaussée.

Elle permet :

- De résister aux déformations permanentes ;
- De répartir les contraintes verticales vers les couches inférieures ;
- D'assurer la stabilité de la structure.

Son épaisseur varie généralement entre 10 et 25 cm.

c) Couche de fondation

La couche de fondation est généralement constituée de matériaux non traités.

Elle assure :

- La répartition des contraintes vers le sol support ;
- L'amélioration de la portance ;
- L'homogénéisation des efforts transmis par le trafic.

Elle contribue également à améliorer la stabilité et la durabilité de la chaussée.

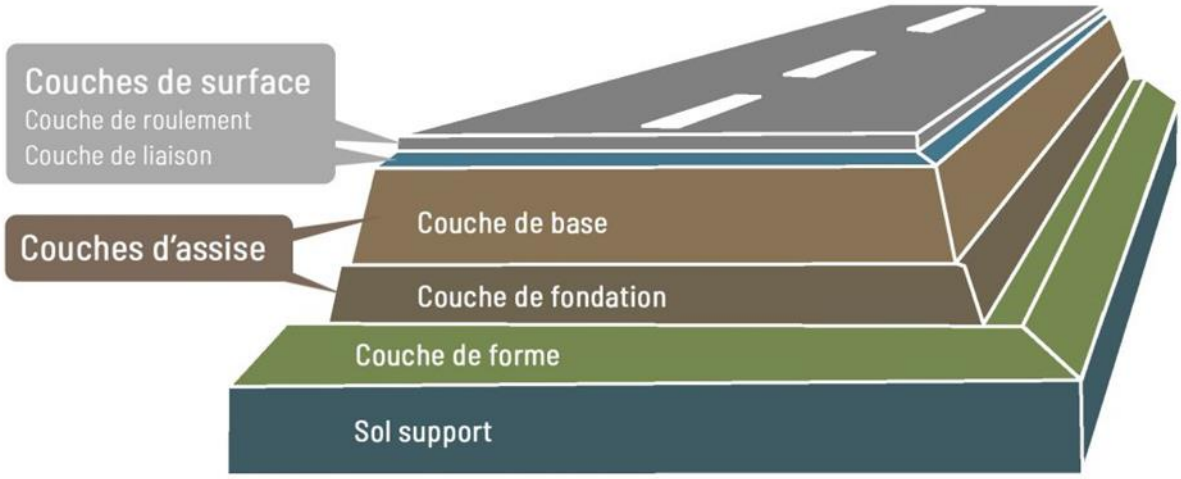
d) Couche de forme

La couche de forme constitue une couche intermédiaire entre le terrain naturel et la structure de chaussée.

Elle a pour rôle :

- D'améliorer les caractéristiques mécaniques du sol support ;
- D'assurer une meilleure homogénéité ;
- D'améliorer la portance de la plate-forme ;
- De protéger la chaussée contre les variations hydriques et thermiques.

Son épaisseur varie généralement entre 40 et 70 cm.



6 Figure V.1 : Structure générale d'une chaussée souple et ses différentes couches

V.2.2.2 Chaussée semi-rigide

Les chaussées semi-rigides comportent généralement :

- Une couche de base traitée aux liants hydrauliques (ciment ou autres liants) ;
- Une couche de roulement en enrobé bitumineux.

Ces chaussées présentent une rigidité plus importante que les chaussées souples tout en conservant une certaine flexibilité.

Ce type de structure reste peu utilisé en Algérie et demeure principalement à caractère expérimental.

V.2.2.3 Chaussée rigide

Les chaussées rigides sont constituées principalement de dalles en béton de ciment reposant sur une couche de fondation.

Sous l'effet des charges, les dalles répartissent les contraintes sur une surface plus importante.

Ce type de chaussée présente :

- Une grande résistance mécanique ;

- Une longue durée de vie ;
- Un entretien réduit.

Cependant, leur coût de réalisation élevé limite leur utilisation en Algérie, où elles sont principalement réservées aux chaussées aéronautiques.

V.3. FACTEURS INFLUENÇANT LE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES

Le choix du nombre de couches, de leurs épaisseurs ainsi que des matériaux utilisés dépend de plusieurs paramètres fondamentaux.

V.3.1 Le trafic

Le trafic constitue le paramètre principal dans le dimensionnement des chaussées.

Le trafic de dimensionnement est essentiellement représenté par les poids lourds dont le poids est supérieur à 3,5 tonnes.

L'intensité et l'évolution du trafic influencent directement :

- Le choix des matériaux ;
- Les épaisseurs des couches ;
- La durée de vie de la chaussée.

L'évaluation du trafic repose principalement sur :

- Les études de trafic ;
- Les comptages routiers ;
- Les prévisions d'évolution du trafic.

V.3.2 L'environnement

Les conditions climatiques et environnementales ont une influence importante sur le comportement des chaussées.

Les principaux facteurs climatiques sont :

- Les températures élevées ;
- Les précipitations ;
- Les variations thermiques ;
- Les conditions de drainage ;
- Les vents de sable.

Ces paramètres influencent notamment :

- Le choix du liant hydrocarboné ;
- La teneur en eau du sol support ;
- La résistance des matériaux ;
- La durabilité de la chaussée.

V.3.3 Le sol support

Les structures de chaussée reposent sur un ensemble appelé « plate-forme support de chaussée ».

Cette plate-forme est constituée :

- Du terrain naturel ;
- D'éventuels traitements du sol ;
- De la couche de forme.

La qualité du sol support est généralement caractérisée par son indice CBR (California Bearing Ratio), qui représente sa portance.

La nature du sol support influence directement :

- L'épaisseur des couches ;
- Le type de structure retenue ;
- Les performances mécaniques de la chaussée.

V.4 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES (CTTP)

Le dimensionnement de la chaussée est réalisé à l'aide du catalogue du CTTP (Centre des Techniques et Technologies des Travaux Publics).

Cette méthode repose sur plusieurs paramètres fondamentaux :

- Le trafic ;
- Les conditions climatiques ;
- Les matériaux utilisés ;
- La portance du sol support.

Le catalogue classe les trafics selon le nombre de poids lourds par jour et par sens à l'année de mise en service.

L'Algérie est divisée en trois zones climatiques :

- Zone humide ;
- Zone semi-aride ;
- Zone aride.

Le catalogue comprend trois fascicules principaux :

- Fascicule n°1 : Notice d'utilisation ;
- Fascicule n°2 : Hypothèses et données de dimensionnement ;
- Fascicule n°3 : Fiches techniques de dimensionnement.

V.5 CHOIX DU NIVEAU DE RESEAU

Le projet étudié concerne une liaison routière à caractère stratégique et économique assurant un trafic supérieur à 1500 véhicules par jour.

Par conséquent, la route est classée dans le réseau principal :

RP1

V.6 CLASSE DE TRAFIC

La voie la plus sollicitée correspond généralement à la voie de droite, qui supporte environ 90 % du trafic poids lourds dans le cas d'une chaussée à deux voies.

Le trafic poids lourds à l'année de mise en service est calculé à partir du TMJA et du pourcentage des poids lourds.

TPL = trafic de poids lourds dans la direction la plus sollicitée

(TJMA) x pourcentage de poids lourds sur la voie droite.

Pourcentage de poids lourds (sur la voie droite) :

• Chaussée à 2 voies : 90%

• Chaussée à 3 voies : 80%

Trafic de poids lourds (TPL) :

TJMAPL 2026= 5222x 42.02% = 2195PL/j

• TPL = TJMAPL 2026 x 90%.

• TPL = 2195 x 90% x 2/3

• TPL2026=1317 PL/j/sens.

Choix de la classe de trafic (TPLi) :

25 TableauV.1 : la classe de trafic TPL

Classe	TPL
TPL3	150-300
TPL4	300-600
TPL5	600-1500
TPL6	1500-3000
TPL7	3000-6000

Le trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargé à l'année de mise en service est, TPL2026= 1317 PL/j/sens, Donc la classe de trafic est TPL5.

26 TableauV.2 : Choix de type de structure

Niveau de réseau principal (RP_i)	Matériaux types	Structures
RP_1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, BCg/GC

Nous avons choisi des matériaux de type MTB pour la réalisation de notre projet

27 TableauV.3 : Condition interface

Structure type : MTB	Hypothèse sur le type d'interface
BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées
SB/SG/sol support	Toutes les interfaces sont collées

V.7 TRAFIC CUMULE DES POIDS LOURDS

Le trafic cumulé des poids lourds représente le nombre total de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée durant toute la période de dimensionnement de la chaussée.

Ce paramètre est essentiel dans le dimensionnement des structures routières puisqu'il permet d'évaluer les sollicitations répétitives supportées par la chaussée durant sa durée de vie.

Le trafic cumulé est donné par la relation suivante :

$$\mathbf{TC_i = TPL_i \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}}$$

Avec :

- TPL i: Trafic poids lourd en 2026 = 1317 PL/J/Sens ;
- $\tau = 4\ \%$;
- n = 20 ans

TC i = 14.3× 10^6 PL/J/sens

V.8 TRAFIC CUMULE EQUIVALENT

Le trafic cumulé équivalent correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes supportés par la chaussée pendant toute sa durée de vie.

Il est calculé par la formule suivante :

$TCE_i = TC_i \times A$

Avec :

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

7 Figure V.1 : A : Coefficient d'agressivité

Pour un niveau de réseau RP1 avec des chaussées à matériaux traités au bitume le coefficient d'agressivité est : **0.6**

AN : $TCE_i = 14.3 \times 10^6 \times 0.6$

$TCE = 8.6 \times 10^6$ PL/J/Sens

V.9 DETERMINATION DE LA CLASSE DE PORTANCE DU SOL SUPPORT

Dans le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP, les sols supports sont classés selon leur portance à partir de l'indice CBR (California Bearing Ratio).

Les classes de portance sont définies comme suit :

28 TableauV.4 : classes de portance des sols

Portance (S_i)	CBR
S_4	<5
S_3	5 – 10
S_2	10 - 25
S_1	25 - 40
S_0	>40

On a CBR = 8

A partir de la relation empirique : E(MPA)=5×CBR, on a les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous :

On a E= 5*8 = 40MPA

Tableau IV-6 : Classe de portance de sol support. (Fascicule N°1)

Classes de sol-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

8 Figure V.2 : Classe de portance de sol support

D'où la classe de portance de sol support est S3 (mauvaise portance).

Par conséquent, il est nécessaire d'ajouter une couche de forme (CDF).

V.10 DONNEES CLIMATIQUES

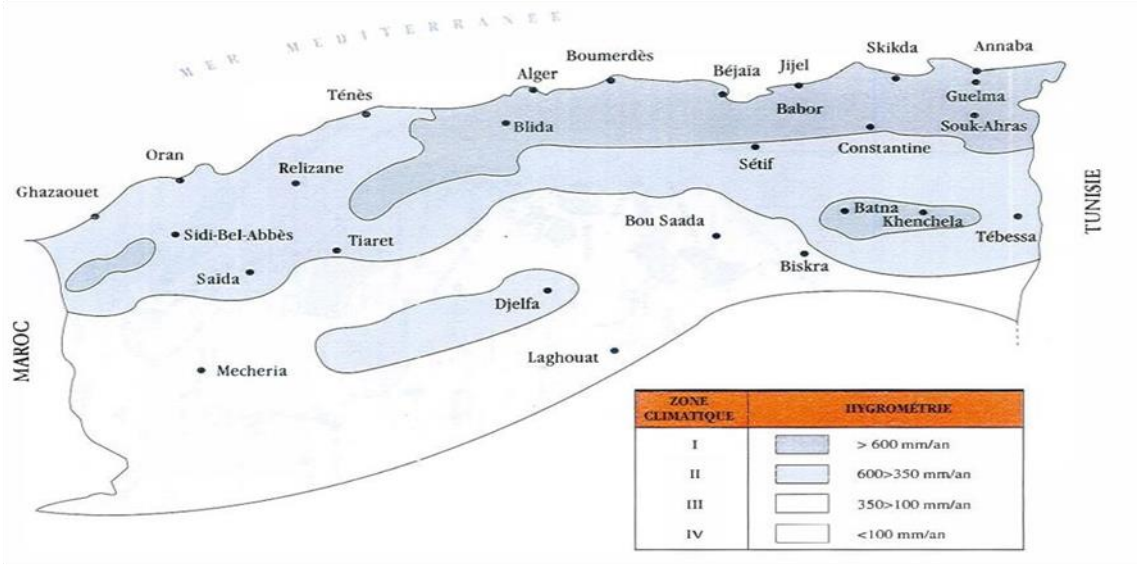
V.10.1 Zone climatique

Selon la carte climatique du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées, la wilaya de Ghardaïa appartient à la zone climatique saharienne.

Cette région est caractérisée par :

- Un climat très sec ;
- De faibles précipitations ;
- Des températures très élevées en été ;
- Une forte amplitude thermique entre le jour et la nuit.

- **La carte climatique**



9 Figure V.3 : Carte climatique

Ainsi, le projet est classé dans :

Zone climatique IV (zone aride)

V.10.2 Température équivalente

D'après les données du fascicule n°2 du catalogue CTTP, la température équivalente correspondant à la zone IV est retenue pour le dimensionnement des matériaux bitumineux de la chaussée.

D'après le fasicule-2 tableau-8 :

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

10 Figure V.4 : Température équivalente

Notre projet de zone **IV donc :**

θ_{eq} **=30°**

V.11 DETERMINATION DU RISQUE DE CALCUL

Le risque de calcul représente la probabilité acceptable de défaillance de la chaussée durant sa durée de vie.

D'après le fascicule n°2 du catalogue CTTP, le risque retenu pour ce projet est :

	Classe de trafic (TPLJ) (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

11 Figure V.5 : Pourcentage de risque

D'après le fascicule n°2 du catalogue CTTP, le risque retenu pour ce projet est : r = 10%

V.12 CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES CONSTITUANT LA CHAUSSEE

V.12.1 Proposition des structures possibles

D'après le fascicule n°1 du catalogue CTTP, plusieurs structures de chaussées peuvent être envisagées pour ce type de projet, notamment :

- GB / GB ;
- GB / GNT ;

- GB / TUF ;
- GB / SG ;
- GB / AG.

:

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG , SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

12 **Figure V.6 : Structures possibles**

V.12.2 Paramètres de dimensionnement retenus

Le dimensionnement de la chaussée est réalisé en tenant compte des paramètres suivants :

- Réseau principal : RP1 ;
- Zone climatique : Zone IV ;
- Durée de vie : 20 ans ;
- Taux d'accroissement du trafic : 4 % ;
- Classe de portance du sol : S3 ;
- Classe de trafic : TPL5.

V.13 Amélioration de la portance du sol support

Afin d'améliorer les caractéristiques mécaniques du sol support et d'assurer une meilleure stabilité de la chaussée, une couche de forme est nécessaire.

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

13 Figure V.7 : Amélioration de la portance du sol support

Type : MTB
Zone climatique : IV
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

Si / TPLi / PL/j/sens	S2 (50 MPa)	S1 (125 MPa)	S0 (200 MPa)
6000 TPL7 3000			
3000 TPL6 1500			
1500 TPL5 600		6 BB 14 GB 30 SG	6 BB 12 GB 20 SG
600 TPL4 300		6 BB 14 GB 20 SG	6 BB 10 GB 15 SG
300 TPL3 150		6 BB 11 GB 20 SG	6 BB 10 GB 10 SG

14 Figure V.8 : fiche de structure

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule N°3), donc la structure de chaussée est comme suit :

-Couche de roulement : BB = 6 cm. - Couche de base : GB = 14 cm.

-Couche de fondation : SG= 30 cm

6BB+ 14GB+ 30SG+ 70TUF

L'épaisseur totale = 120cm

V.14. VERIFICATION EN FATIGUE DES STRUCTURES ET DE LA DEFORMATION DU SOL SUPPORT

La vérification du dimensionnement des chaussées constitue une étape essentielle permettant de s'assurer que la structure proposée résiste correctement aux sollicitations du trafic pendant toute sa durée de vie.

Cette vérification est réalisée à l'aide du logiciel **ALIZE LCPC**, qui met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées développée par le LCPC et le SETRA.

L'objectif est de comparer :

- La déformation horizontale en traction à la base des couches bitumineuses $\boldsymbol{\varepsilon_t}$
- La déformation verticale au niveau du sol support $\boldsymbol{\varepsilon_z}$ avec leurs valeurs admissibles respectives :
- $\boldsymbol{\varepsilon_{z,\text{adm}}}$
- $\varepsilon_{t,\text{adm}}$

La condition de vérification est :

- $\boldsymbol{\varepsilon_t \leq \varepsilon_{z,\text{adm}}}$
- $\boldsymbol{\varepsilon_t \leq \varepsilon_{z,\text{adm}}}$

V.14.1 Déformation admissible du sol support

La déformation verticale admissible du sol support est donnée par la relation suivante

On a: $\boldsymbol{\varepsilon_{z,dm} = 22.10^{-3} \times TCE_i^{-0.23}}$

$\varepsilon_{z,\text{adm}} = 22.10^{-3} \times (8.6\times10^{6})^{-0.235}$

$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 516\ \mu def}$

V.14.2 Déformation admissible en traction à la base de la grave bitume (GB)

On a : $\boldsymbol{\varepsilon_{t,\text{adm}} = (10^{o}, 25HZ) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c}$

Avec :

- (10º ,25HZ) : Déformation limitée à 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.
- **Kne** : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- **Kθ** : Facteur lié à la température.
- **Kr** : Facteur lié au risque et aux dispersions.
- **Kc** : Facteur lié au calage.

$$K_{ne}=\left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b ; K_\theta = \sqrt{\frac{E(10°C,10Hz)}{E(\theta_{eq,10Hz})}} ; K_r = 10^{-tb\delta} ; \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b}S_h\right)^2}$$

Avec :

- **δ** : La dispersion
- **C** : coefficient égal à 0.02.
- **t** : fractile de la loi normale, qui est en fonction du risque adopté (r%).

V.14.2.1 Paramètres mécaniques des matériaux

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

15 Figure V.9 : Paramètres mécaniques des matériaux

- Pente de la loi de fatigue :

b=−0.146

- Module du matériau bitumineux :

E(θeq,10Hz)=3500 MPa

- Dispersion matériau :

SN=0.45

- Dispersion épaisseur :

Sh=3

- Coefficient de calage :

Kc=1.3

- Déformation de référence :

ε_6=100 μdef

IV.14.2.2 Calcul des coefficients

a) Coefficient lié au trafic

$K_{ne} = (\frac{6.4\times10^6}{10^6})^{-0.146}$; $K_{ne} = 0.76$

b) Coefficient thermique

$K_{\theta}=\sqrt{\frac{12500}{3500}}$; $K_{\theta}=1.89$

c) Coefficient de risque

$Kr=10^{t\cdot\delta\cdot b}$

Le risque retenu est :

r=10%

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

16 Figure V.10 : Paramètres mécaniques des matériaux

Donc :

t=−1.282

Avec la dispersion :

- **C** : coefficient égal à 0.02.
- **δ** : La dispersion

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{(-0.146)} \times 3\right)^2} \quad ; \quad \boldsymbol{\delta = 0.61}$$

δ=0.61

Le coefficient de risque est :

K_r= 1.30

V.14.2.3 Calcul de la déformation admissible en traction

$\varepsilon_{t,adm}$ = (10^6 ,25HZ) × K_{ne}× K_θ× K_r × K_c

AN : $\varepsilon_{t,adm}$ = 100 × 0.76× 1.89× 1.3 × 1.3

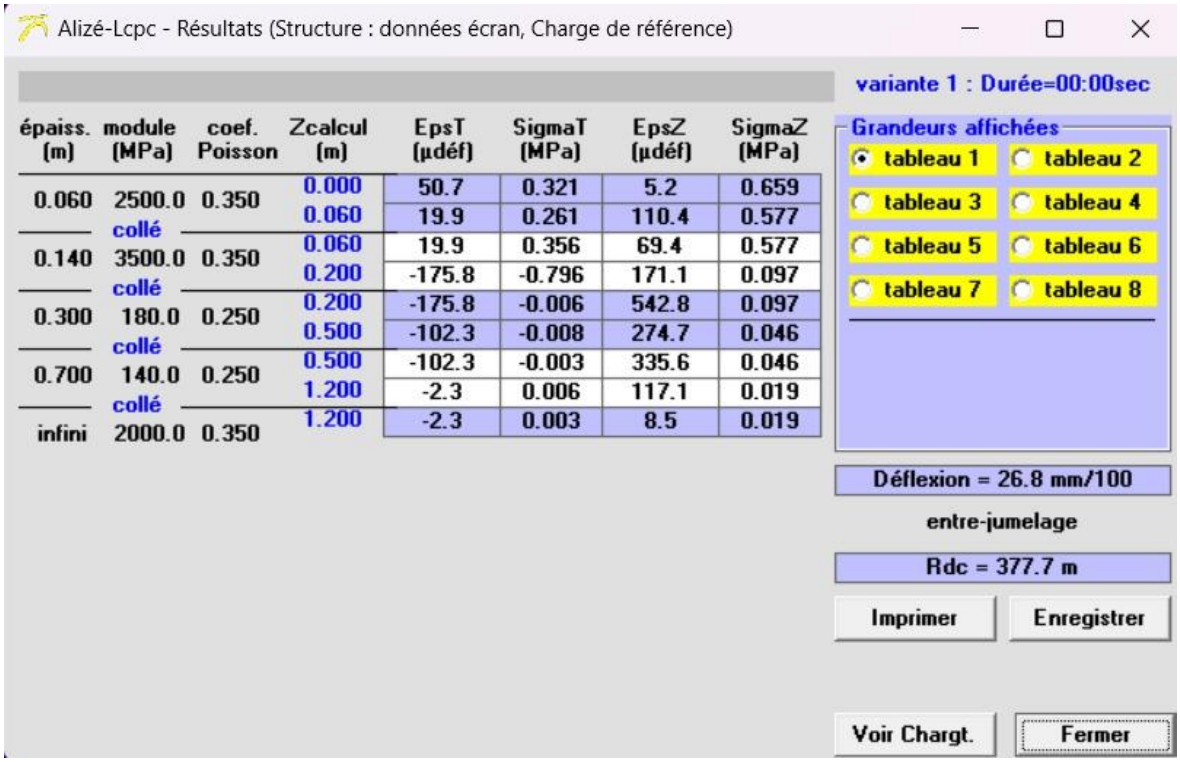
$\varepsilon_{t\ adm}$ = 243 µdef ,

Tableau 3 : Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage

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

17 Figure V.10 : les conditions de collage

V.14.2 Verification ALIZE-LCPC



épaiss. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0.060	2500.0	0.350	0.000	50.7	0.321	5.2	0.659
			0.060	19.9	0.261	110.4	0.577
	collé						
0.140	3500.0	0.350	0.060	19.9	0.356	69.4	0.577
			0.200	-175.8	-0.796	171.1	0.097
	collé						
0.300	180.0	0.250	0.200	-175.8	-0.006	542.8	0.097
			0.500	-102.3	-0.008	274.7	0.046
	collé						
0.700	140.0	0.250	0.500	-102.3	-0.003	335.6	0.046
			1.200	-2.3	0.006	117.1	0.019
	collé						
infini	2000.0	0.350	1.200	-2.3	0.003	8.5	0.019

18 Figure V.11 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC)

29 TableauV.5 : Tableau récapitulatif

Déformations calculées	Déformations admissibles
ε_t = 175.8 µdef	$\varepsilon_{t,adm}$ = 243 µdef
ε_z = 117.1 µdef	$\varepsilon_{z,adm}$ = 516 µdef

La structure 6 cm (BB) + 14 cm (GB) + 30 cm (SG) + 70 cm (TUF) est donc vérifié.

V.15 DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE PAR LA METHODE C.B.R

V.15.1 Principe de la méthode C.B.R

La méthode C.B.R (California Bearing Ratio) est une méthode semi-empirique de dimensionnement des chaussées, basée sur la résistance mécanique du sol support.

Elle repose sur un essai de poinçonnement normalisé réalisé sur des échantillons de sol compactés dans des conditions contrôlées, généralement à une teneur en eau proche de l'optimum Proctor modifié.

Cet essai permet d'évaluer la portance du sol en comparant sa résistance à celle d'un matériau de référence.

On distingue généralement deux types de compactage :

- Le Proctor Normal (PN)
- Le Proctor Modifié (PM), plus sévère et représentatif des conditions réelles de chantier

Le moule utilisé pour le Proctor Modifié est plus volumineux et permet une meilleure simulation des conditions de terrain.

V.15.2 Principe de dimensionnement

La méthode C.B.R permet de déterminer l'épaisseur totale de la chaussée en fonction de deux paramètres essentiels :

- L'indice C.B.R du sol support
- Le trafic journalier des poids lourds

Le dimensionnement est basé sur la théorie de Boussinesq, selon laquelle les contraintes verticales transmises au sol doivent rester inférieures à une contrainte admissible proportionnelle à l'indice C.B.R.

V.15.3 Épaisseur équivalente

L'épaisseur équivalente de la chaussée est exprimée par la relation suivante :

$$\mathbf{E_{éq}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$$

Avec :

A1, a2, a3 : coefficients d'équivalence des matériaux

e1, e2, e3 : épaisseurs des différentes couches

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

V.15.4 Coefficients d'équivalence des matériaux

Les coefficients d'équivalence varient selon la nature des matériaux utilisés dans la structure de chaussée.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

30 TableauV.6 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux BB ou enrobé dense	2.00
Grave ciment, grave laitier	1.50
Grave bitume GB	1.20-1.70
Grave concassée GNT	1.00
Grave roulée, grave sableuse, TVO	0.75
Tuf	0.60
Sable	0.50

V.15.5 Application de la méthode C.B.R

Données du projet

- TMJA 2020 : 4217 véh/j
- TMJA 2026 : 5222 véh/j
- TMJA 2046 : 11443 véh/j
- Taux d'accroissement : 4 %
- Durée de vie : 20 ans
- Pourcentage de poids lourds : 42.02 %
- Classe de trafic : C5
- Zone climatique : E1
- Indice CBR : 8

V.15.6 Calcul de l'épaisseur équivalente

L'épaisseur équivalente est déterminée par la relation CBR, en fonction du trafic et de la portance du sol.

Après application numérique, on obtient :

$$E_{eq} = \frac{100+(75+50log\frac{2164}{10})\times\sqrt{6.5}}{8+5}$$

$E_{eq=}$ 46cm

Epaisseur équivalente

$E_{éq}$ = a1×e1 + a2×e2 + a3×e3

- e1 : épaisseur réelle de la couche de surface.
- e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation

✓ Couche de roulement en béton bitumineux à module élevé (BB) : $a_1 \times e_1$ **= 2×8 = 16 cm**

✓ Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2$ **= 10 × 1,2 = 12 cm**

✓ Grave non trait GNT : $a_3 \times e3$ **= 18 × 1 = 18 cm**

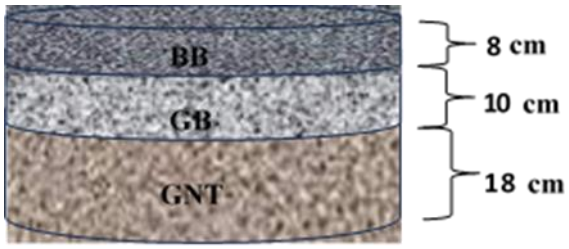
✓ E_{eq} = 16+12+18 = 46 cm

Épaisseur réelle

$E_{réelle}$ = 8+10+18 = 36cm

Notre structure de chausse par la méthode de CBR est :

- Couche de roulement en béton bitumineux : 8BB.
- Couche de base en grave bitume : 10GB.
- Couche de fondation en grave non traité : 18GNT.



19 Figure V.11 : Composition de la structure de chaussée retenue

V.16 CONCLUSION

L'application de la méthode C.B.R conduit à une épaisseur de chaussée plus faible que celle obtenue par la méthode du catalogue.

Cette différence s'explique par le caractère simplifié de la méthode C.B.R, qui :

- Ne prend pas en compte de manière détaillée l'évolution du trafic ;
- Néglige partiellement les effets climatiques et environnementaux ;
- Utilise des hypothèses globalisées sur le comportement du sol et des matériaux.

À l'inverse, la méthode du catalogue de dimensionnement du CTTP est plus complète et plus sécuritaire, car elle intègre l'ensemble des paramètres de dimensionnement (trafic, climat, portance, agressivité).

Par conséquent, la structure retenue pour le projet est celle issue du catalogue, car elle est mieux adaptée aux conditions réelles d'exploitation et au trafic élevé de la RN1.

CHAPITRE VI : TRACE EN PLAN

CHAPITRE VI : TRACE EN PLAN

VI.1 INTRODUCTION:

Le tracé en plan constitue un élément essentiel de la conception géométrique des routes, représentant la projection horizontale de l'axe de la chaussée à partir de données topographiques précises. Il vise à assurer la sécurité routière et la stabilité des véhicules grâce à une conception basée sur des alignements droits, des courbes circulaires et des raccordements progressifs (clothoïdes).

Son élaboration nécessite également la prise en compte des contraintes topographiques et environnementales, tout en respectant les normes techniques en vigueur, notamment celles de l'ICTAAL (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), afin de garantir le confort et la sécurité des usagers.

VI.2 CHOIX DE LA CATEGORIES:

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

On distingue :

- La catégorie **L1** appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- La catégorie **L2** mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.
- La catégorie **L2R** pour les terrains très difficiles.

Ces catégories **L1** et **L2** et **L2R** sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h et 90 km/h.

Notre projet ce situ dans un site plaine on prend la catégorie **L1** selon ICTAAL

VI.2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan:

Pour assurer un choix technico-économique pertinent du tracé en plan, il est essentiel de se Conformer rigoureusement aux normes en vigueur, telles que détaillées dans les documents de référence « **Aménagement des Routes Principales 2015 (A.R.P)** ». Ces prescriptions, Applicables tant en phase d'avant-projet que durant l'exécution des travaux, constituent le socle réglementaire pour une conception optimisée et une réalisation conforme aux exigences du Projet.

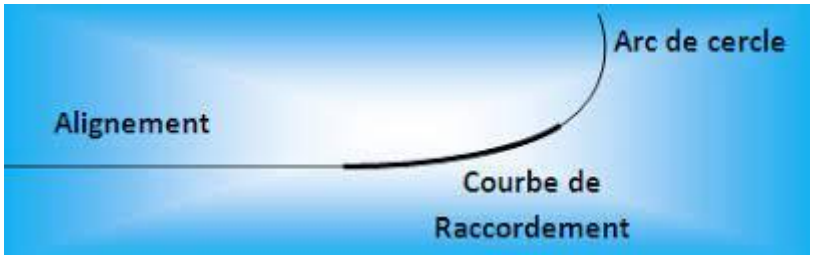
Ci-après sont recensées certaines recommandations jugées particulièrement significatives pour la qualité et la viabilité de l'implantation linéaire :

- Respect des points de départ et d'arrivée conformément aux données d'implantation Initiales.

- Éviter le passage sur les terres agricoles et dans les zones forestières
- Aligner le tracé avec la topographie afin de réduire les volumes de terrassement.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- Utiliser des rayons horizontaux supérieurs ou égaux à RHnd, dans la mesure du possible, pour améliorer le confort de conduite et la visibilité.
- Respecter les règles et les paramètres énoncé dans l'ICTAAL.

VI.2.1.1 Les éléments de tracé en plan:
Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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



21 Figure VI.1 : Les éléments de tracé en plan

VI.2.1.2 Les alignements:
Il est recommandé d'utiliser autant d'alignements droits que possible dans la conception d'une route, car cela offre plusieurs avantages en termes de sécurité et de confort pour les usagers de la route.

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base.
- Des sinuosités précédentes et suivantes à l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui doit séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur est égale à la distance parcourue pendant 5 Sec à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. L_{min}= 5 V

La longueur maximale L_{max} en alignement droit ne peut pas dépasser une certaine longueur par risque de monotonie qui fait croître le taux de des accidents. L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes. $L_{max} = 60$ V

$$L_{max} = \frac{60 \times 130}{3.6}$$

31 TableauVI.32 : les longueurs max et min de l'alignement

Vitesse de base VB (km/h)	Longueur minimale $\mathbf{L_{min}}$ (m)	Longueur maximale $\mathbf{L_{max}}$ (m)
130	**200**	2**166.67**

VI.2.1.3 Arc de cercle:
Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons et augmenter le rayon. Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique UN RAYON MINIMAL.

VI.2.1.4 Les rayons:
Pour le choix des valeurs des rayons il faut respecter les critères d'arc

D'après l'ICTAAL, la catégorie de notre projet est « L1 » associée aux sites de relief plaine, le tracé doit respecter les valeurs des rayons et devers associés mentionnés dans le tableau suivant :

TableauVI.33 : les valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie	L1	
Rayon minimal	R_m(m)	600
Rayon minimal non déversé	R_{nd} (m)	1000
Rayon minimum sans courbe de transition	$> R_{nd}$ (m)	1500

VI.2.1.5 Les raccordements progressives:
Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes) Pour assurer ;

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers.
- La transition de la chaussée.
- Le tracé élégant, fluide, Souple, optiquement et esthétiquement.

Il faut d'après l'ICTAAL 2000 que la longueur est au moins égale la valeur : 8.4 $|\Delta\delta|$.

$\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (%) des éléments du tracé raccordés.

Tel que : $|\Delta\delta|=|\delta1 - \delta0|$

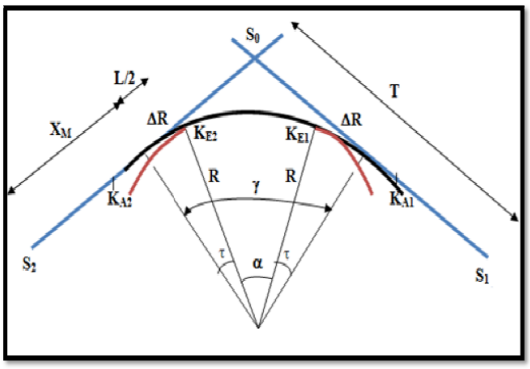
- $\delta1$: représente la pente transversale initiale.
- $\delta0$: le divers de la courbe

VI.2.1.6 Enchainement des éléments du tracé en plan:
Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R_1 \leq 1.5R_2$ », ou R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R_2 < 1.5R_{nd}$ » celui de la seconde.

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

Eléments de la Clothoïde :

- **g** : Angle entre alignement
- **T** : Grande tangente
- **ΔR** : Ripage
- **X_M** : Abscisse du centre de cercle
- **R** : Rayon de virage
- **τ** : Angle de tangente
- **S_L** : La corde à la clothoïde **K_E –K_A**
- **s** : L'angle polaire
- **L** : longueur de clothoïde
- **K_A** : début de clothoïde
- **K_E** : Fin de clothoïde



23 Figure VI.2 :les éléments de la clothoïde

VI.2.1.7 Les contraintes dans le projet:
Notre projet se situe dans une zone à relief relativement favorable, ce qui a facilité les opérations de conception et de réalisation, tout en nécessitant la prise en compte de certaines

contraintes techniques et de terrain. Parmi ces contraintes, nous avons veillé à adapter le projet afin de l'intégrer harmonieusement aux différents éléments du milieu environnant, garantissant ainsi la sécurité et l'efficacité de l'infrastructure.

- Les lignes électriques
- Des habitations
- Les conduits de gaz et d'oléoduc
- Les valles
- Les terrains agricoles

VI.2.1.8 Les éléments géométriques dans notre trace:

Tableau VI.34 : la géométrie du tracé en plan

Localisation	Elément géométrique	Caractéristique de l'élément
621+000 au 621+274	Droite	L = 274.032
621+274 au 621+679	Arc	R = 1500
621+679 au 622+662	Droite	L = 983.177
622+662 au 622+812	CLO	L =150 / R=800
622+812 au 623+187	Arc	R = 800
623+187 au 623+337	CLO	L = 150 / R=800
623+337 au 625+618	Droite	L = 2280.721
625+618 au 625+848	Arc	R = 1500
625+848 au 626+169	Droite	L = 320.323
626+169 au 626+289	CLO	L=120 / R =1000
626+289 au 626+663	Arc	R=1000
626+663 au 626+783	CLO	L=120 / R =1000
626+783 au 626+891	Droite	L = 107.978
626+891 au 627+041	CLO	L=150 / R = 1200
627+041 au 627+419	Arc	R = 1200
627+419 au 627+569	CLO	L = 1200 / R=150
627+569 au 628+124	Droite	L = 554.849

628+124 au 628+224	CLO	L=100 / R = 800
628+224 au 628+537	Arc	R = 800
628+537 au 628+637	CLO	L=100 / R = 800
628+637 au 628+890	Droite	L = 253.653
628+890 au 628+989	Arc	R =2985
628+989 au 629+507	Droite	L = 517.756
629+507 au 629+607	CLO	L=100 / R = 530
629+607 au 630+216	Arc	R = 530
630+216 au 630+316	CLO	L = 100 / R=530
630+316 au 631+000	Droite	L = 683.619

VI.3 CONCLUSION:

La modélisation de l'axe en plan avec Civil 3D constitue un outil efficace qui permet d'améliorer la précision et la qualité de la conception, tout en facilitant le contrôle des paramètres des éléments de la route et en assurant le respect des normes techniques requises.

Chapitre VII : profil en long

CHAPITRE VII : PROFIL EN LONG

VII.1 INTRODUCTION:

Le profile en long est une coupe vertical tracée selon l'axe d'une route, représentant les altitudes du terrain naturel ainsi que celles du projet routier. Il se compose de segments inclinés (rampes et pentes) reliés entre eux par des courbes de raccordement, circulaires ou paraboliques, afin d'assurer une transition progressive et confortable entre les différentes déclivités. Il permet une bonne lisibilité du tracé pour le conducteur et facilite la conception technique de la route.

Pour chaque point du profil en long, il est nécessaire de déterminer :

• L'altitude du terrain naturel.

• L'altitude du projet.

• La déclivité du projet.

Le pourcentage de déclivité dans les rampes et pentes est défini, de manière à :

• Assurer une circulation fluide, notamment pour les véhicules lourds, en limitant les rampes ou en ajoutant des voies supplémentaires réservées à cette catégorie de véhicules.

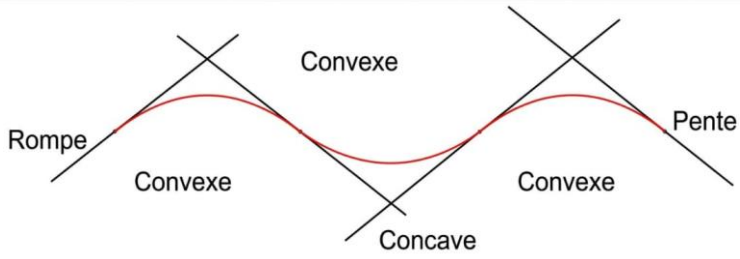
• Permettre un bon assainissement de la plateforme, surtout dans les sections en déblais ou dans les zones à dévers nul, en créant une pente longitudinale minimale.

Dans le profil en long, il y a deux types de rayons de raccordement verticaux sont utilisés

• Les rayons en angle saillant (convexe), qui assurent la transition entre une rampe et une pente.

• Les rayons en angle rentrant (concave), qui relient deux rampes ou deux pentes

Successive.



24 FigureVII.1 : Profil en long

VII.2 REGLES A RESPECTER POUR LE PROFIL EN LONG:

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux. Parmi ces conditions :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en Vigueur.
- Adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones de dévers nul dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en déblai.
- Éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- Dans le Profil en long Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

VII.3 LES PARAMETRES DU PROFIL EN LONG:

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limitées données dans le tableau

35 Tableau 0VII.36 : Les paramètres de profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.5
Rayon minimal en angle saillant RV ∩(m)	12500
Rayon minimal en angle rentrant RV U(m)	4200

VII.4 LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG:

Les critères de profile en long :

- Les lignes droites
- Les arcs de cercles tangents aux droites, constituants les raccordements verticaux (convexes et concaves)

VII.4.1 Declivities:
La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

VII.4.2 Déclivité minimale:
Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales.la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

I_{min} =0.5%

VII.4.3 Déclivité maximale:
Elle dépend de :

Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.

Vitesse minimum de PL.

Condition économique.

Selon LICTAAL pour une route de catégorie L1, La déclivité maximum

I_{max} =5%,

VII.4.4 Raccordement en profil en long:
Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe.

Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la

visibilité satisfaisante. Et on distingue deux types de raccordements :

VII.4.5 Raccordements convexes (angle saillant ∩):
Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable.

- condition de visibilité

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante. Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

- Rayon minimal en angle saillant : 12500 m.

VII.4.6 Raccordement concave (angle rentrant U):

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

- Rayon minimal en angle rentrant : 4200 m.

VII.4.7 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long:

Elle doit essentiellement viser à respecter les règles de visibilité et favoriser la perception générale du tracé, en recherchant la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.

VII.5 LES ELEMENTS GEOMETRIQUES DANS NOTRE PROFIL EN LONG:

37 Tableau VII.38 : la géométrie du profil en long

Localisation	Pente/rampe	Altitude
621+000m		447.994m
621+666m	1.64%	453.941m
622+338m	-1.19%	448.420m
623+302m	0.80%	453.925m
623+684m	-0.14%	454.080m
624+207m	0.76%	458.756m
624+683m	1.64%	468.417m
625+487m	3.95%	472.032m
626+014m	-3.96%	453.145m
626+529m	-1.15%	446.766m
627+005m	-1.83%	438.871m
628+086m	-0.70%	433.663m
628+267m	2.38%	435.838m
628+555m	-0.54%	434.583m
629+041m	-0.12%	432.360m

629+454m	-1.70%	427.384m
629+742m	0.72%	426.380m
629+947m	-1.89%	424.645m
630+761m	0.78%	427.931m
630+914m	-2.73%	425.414m
631+000m	-0.14%	425.296m

VII.6 CONCLUSION:

Les résultats de cette étude sont conformes aux seuils et limites établis par l'ICTAAL, Garantissant ainsi des conditions de sécurité et de confort optimales pour la catégorie L1

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS

VIII.1 INTRODUCTION:

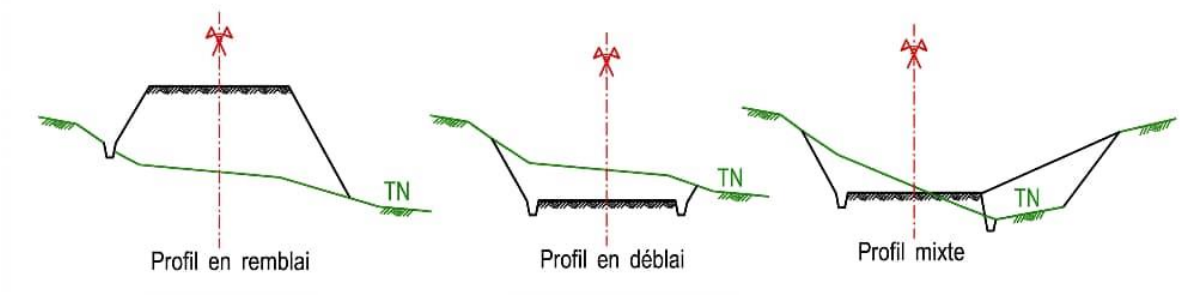
Les profils en travers jouent un rôle essentiel dans l'étude d'avant-projet d'une route, offrant une représentation détaillée de la configuration transversale de l'infrastructure routière. Ces profils fournissent des informations cruciales sur les pentes, les déblais, les remblais, les accotements, les fossés.

Afin d'éviter de répéter les mêmes dimensions et détails constructifs sur chacun des nombreux profils en travers nécessaires pour un projet routier, on établit préalablement un profil unique, appelé "Profil en travers type", qui regroupe l'ensemble des caractéristiques dimensionnelles et techniques.

VIII.2 DIFFERENT TYPE DE PROFIL :

Il existe trois types de profils en travers

- Profil en déblai
- Profil en remblai
- Profil mixte

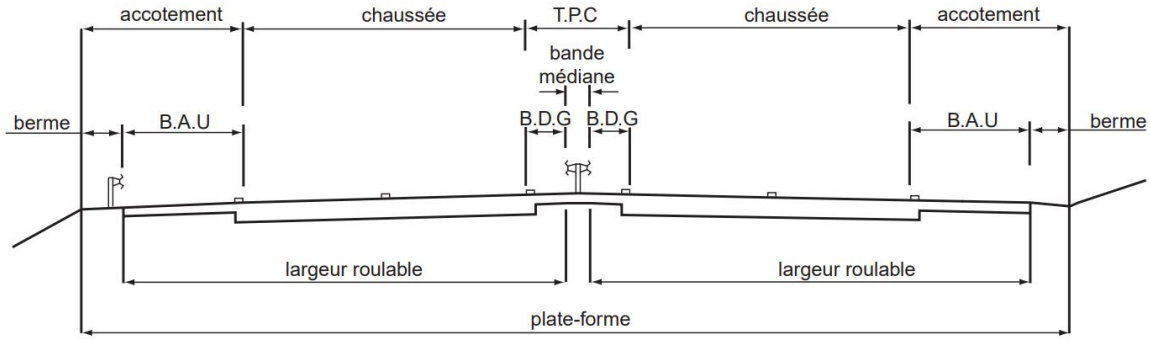


25 Figure VIII.1 : diffèrent type de profil

VIII.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS:

- La chaussée : La chaussée routière constitue la surface de circulation des véhicules, généralement composée de plusieurs couches de matériaux spécifiques, et conçue pour supporter de manière sûre et efficace le trafic routier.
- La largeur roulable : La largeur roulable englobe la largeur de la chaussée incluant les bandes d'arrêt d'urgence.

- Plateforme : l'emprise d'une route désigne la surface totale située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, englobant la ou les chaussées, les accotements, les terre-pleins centraux et les bandes d'arrêt d'urgences.
- L’assiette : C’est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- Les accotements : les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils comportent généralement les éléments suivants :
    - Une bande d’arrêt d’urgence.
    - Une berme extérieure.
- Le terre-plein central : Il s’étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées, et assure la séparation des deux sens de circulation.il Contient :
    - Bande dérasée de gauche (B.D.G.)
    - Bande médiane
- Les fossés : c'est un ouvrage hydraulique destiné à recourir les eaux de ruissèlement provenant de la route et les talus et les eaux de pluie.
- Zone de sécurité : La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la catégorie L1, et de 8,50 m pour la catégorie L2, et 7 m pour la catégorie L2R.
- La berme : elle participante au dégagent visuel et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale…



26 Figure VIII.1 : élément de profil en travers

VIII.4 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS:

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

VIII.4.1 Profil en Travers type:

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes, regroupant l'ensemble des dimensions et des détails techniques essentiels tel que la largeur des voies, des chaussées, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches de la superstructure, le système de drainage des eaux, etc.

VIII.4.2 Profil en travers courant:

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 à 25 m.

VIII.4.3 Pentes transversales:

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

VIII.4.4 En alignement et en courbe non déversée:

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

VIII.4.5 En courbe déversée:

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pourR_m.

La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D.) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 %.

VIII.5 APPLICATION DE PROJET:

Profil en travers type de projet :

39 TableauVIII.40 : Dimensions des éléments du Profil en travers type

Elément		Largeur (m)	Nombre	Largeur total (m)
2×2 voies de circulation		3.5	4	14
TPC	B.D. G	0.5	2	1
	Bande Médiane	4.5	2	9
Accotement	B.A. U	2.5	2	5
	Berme	2.5	2	5
Total	34m			

Tableau 0VIII.41 : divere de corps de chauusée

Elément	Déverse
Chaussée	2.5%
B.D. G	2.5%
B.A. U	2.5%

VIII.6 CONCLUSION:

Le profil en travers type constitue un outil essentiel dans l'étude et la conception d'un projet routier, permettant de définir de manière standardisée et détaillée les caractéristiques géométriques, dimensionnelles et techniques de la chaussée et de ses éléments, Son utilisation permet d'optimiser la conception, de faciliter la planification des travaux de terrassement, Cela contribue à la réalisation d'une infrastructure routière sûre, efficace et respectueuse de l'environnement.

Chapitre IX : Cubature des terrassements

CHAPITRE IX : CUBATURE DES TERRASSEMENTS

IX.1 INTRODUCTION

La cubature des terrassements constitue une étape fondamentale dans l'étude des projets routiers. Elle permet d'estimer les volumes de déblais et de remblais nécessaires à la réalisation du tracé, d'optimiser le mouvement des terres et de prévoir les coûts liés aux travaux.

Dans ce projet, les calculs de cubature ont été réalisés à partir des profils en travers générés le long du tracé.

IX.2 METHODE DE CALCUL

Le calcul des volumes de terrassement a été effectué en utilisant la **méthode des prismoïdes**, qui permet d'obtenir des résultats précis en tenant compte d'une section intermédiaire entre deux profils successifs.

La formule utilisée est la suivante :

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

Avec :

- S1 : surface du profil en travers au point initial
- S2 : surface du profil en travers au point final
- Smoy : surface intermédiaire entre les deux profils
- L : distance entre les profils (25 m)

En absence de la surface intermédiaire réelle, une approximation a été faite en utilisant la moyenne des surfaces :

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

IX.3 PROCEDURE DE CALCUL

La démarche suivie pour le calcul des cubatures est la suivante :

1. **Établissement du profil en long** du tracé du projet.
2. **Génération des profils en travers** à intervalles réguliers (tous les 25 m).
3. **Détermination des surfaces** de déblais et de remblais pour chaque profil.
4. **Calcul des volumes élémentaires** entre deux profils successifs à l'aide de la formule des prismoïdes.
5. **Cumul des volumes** pour obtenir les volumes totaux de déblais et de remblais.

L'ensemble de ces calculs a été réalisé à l'aide du logiciel **AutoCAD Civil 3D**.

IX.4 EXEMPLE DE CALCUL

On considère le tronçon compris entre :

- **PK 0+000 (P1)**
- **PK 0+025 (P2)**

Données :

- S1=4.80m^2
- S2=4.91 m^2
- L=25 mL

Calcul de la surface intermédiaire :

$$S_{moy}=\frac{4.8+4.91}{2}$$

$$S_{moy}= 4.855m^2$$

Calcul du volume :

V=(4.80+4.91+4×4.855)×25/6

V = 121.38m^3

IX.5 RESULTATS DES CUBATURES

Les volumes de terrassement ont été calculés automatiquement à l'aide du logiciel **AutoCAD Civil 3D**. Les résultats globaux sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IX.1 : Volume des cubatures

	Unité	Volume
Déblais	m^3	49407.13
Remblais	m^3	236029.08

IX.6 ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse des résultats obtenus montre que :

- Le volume de **remblai est supérieur** au volume de déblai
- Le projet présente un **déficit en matériaux**

IX.7 CONCLUSION

La cubature des terrassements a permis d'estimer avec précision les volumes de déblais et de remblais le long du tracé. Ces résultats sont essentiels pour l'évaluation économique du projet et pour l'organisation des travaux.

Le détail des calculs est présenté en annexe.

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT

CHAPITRE X : ASSAINISSEMENT

X.1 INTRODUCTION:

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

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées)
- Dés enrobage
- Décollement des bords
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important)

Pour les talus :

- Glissement
- Erosion
- Affouillements du pied de talus

X.2 OBJECTIVES DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER:

Les objectifs principaux de l'assainissement routier doivent être les suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent sur la chaussée.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- La lutte contre la pollution routière.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sou- jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).
- Garantir la stabilité des ouvrages pour toutes leurs duré de vie sous les différents régimes hydrauliques pouvant les déstabiliser.

X.3 CRITERES DE BASE DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT :

- Si faisable, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- Respecter les normes et les règlementations
- Protéger les fossés contre l'érosion.
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter l'érosion dans les talus.
- Respecter les exigences environnementales.
- Établir des dimensions minimales pour les ouvrages pour faciliter leur nettoyage ultérieur.

X.3.1 Etude hydrologique:

L'étude hydrologique implique la détermination des débits de crue pour chaque écoulement traversant le tracé de la route. Par conséquent, il est nécessaire de restaurer tous les oueds à l'aide d'ouvrages hydrauliques appropriés. (Ponts, dalots et buses, …).

X.3.2 Les données de calcul :

- Données topographiques.
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/25000

X.3.3 Les étapes de l'étude :

- Collecte des données cartographiques.
- Collecte des données pluviométriques.
- Traitement cartographique.
- Estimation du temps de concentration.
- Estimation des pluies de courte durée.
- Estimation des débits d'apport Q_a.
- Estimation de débit de saturation Q_s

X.4 CARACTERISATION PHYSIQUE DES BASSINS VERSANTS :

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant influent sur l'écoulement de ses cours d'eau, L'écoulement peut être facilité ou retardé en fonction de la région est étalée ou non.

Les caractéristiques physiques sont indiquées dans le tableau suivant :

- S (km^2): Surface (km^2)
- P (km): Périmètre (km)
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal

- H_{max} (m) : Altitude max
- H_{min} (m) : Altitude min
- H_{moy} (m) : Altitude moyenne = $\frac{H_{max}+H_{min}}{2}$
- I : Indice de pente (m/m)

42 TableauX.43 : Caractéristiques physiques des bassins versants

N° BV	PK	S [km^2]	P[Km]	H_{max} [m]	H_{min} [m]	H_{moy} [m]	ΔH(m)	L [Km]	I[m/m]
1	621+000	2.25	8	949	72	510.5	877	3.35	0.26
2	621+600	0.04	0.73	165	108.9	136.95	56.1	1.04	0.05
3	623+175	0.24	2.64	385	128	256.5	257	1.15	0.22
4	623+525	0.11	1.53	292	118.6	205.3	173.4	0.59	0.29
5	624+525	0.13	1.78	259	110.9	550.6	148.1	0.62	0.24
6	626+075	1.58	6.93	990	111.2	550.6	878.8	3.11	0.28
7	626+520	0.06	1.51	235	116.4	175.7	118.6	0.65	0.18
8	626+975	0.08	1.3	235	110.7	172.85	124.3	0.53	0.23
9	628+200	2.75	8.99	970	103	536.5	867	3.34	0.26
10	628+620	0.61	4.23	610	112	361	498	1.8	0.28
11	629+120	0.12	1.78	245	124.6	184.8	120.4	0.75	0.16
12	629+470	0.82	4.48	679	83.41	381.21	595.59	1.74	0.34
13	630+080	0.21	2.05	260	143	201.5	117	0.8	0.15
14	630+440	0.067	1.17	235	114.3	174.65	120.7	0.47	0.26
15	631+000	0.2	2.04	315	132.3	223.65	182.7	0.58	0.32

X.4.1 Estimation des débits de crue :

L'estimation des débits de crue pour les bassins versants naturels du projet dépend de divers facteurs, tels que la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versants, la géologie, …. Ils influent de manière plus ou moins significative sur la formation des crues.

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer les formules édictées dans le guide de l'assainissement routier de Sétra, connues par leur large utilisation dans les projets de drainage routiers en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant comme suit :

- La formule rationnelle pour les bassins versant inférieurs à 10 km^2
- La formule CRUPEDIX pour les bassins versants compris entre 50 et 100 km^2
- La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 km^2

- La formule de SCS pour les bassins compris entre 15 à 400 km^2
- Analyse fréquentielle des données hydrométrique pour tous les bassins versants dont le cours d'eau.

X.4.2 Formule Rationnelle :

Q = **0**. **278** x **Cr** x **I** x **S**

Avec :

- Q : Débit de crue de période de retour voulue (m^3/s).
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h)
- Cr : coefficient de ruissellement
- S : surface du bassin versant (km^2)

X.4.3 Temps de concentration :

Un autre paramètre qui est utilisé dans la méthode rationnelle est le temps de concentration. Le « Temps de Concentration » est défini par la durée que met une particuled'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir au point concerné (le point pour lequel la durée d'écoulement est la plus importante).

Le calcul du temps de concentration, reconnu par les Autorités Algériennes, est déterminé selon 3 formules qui varient suivant les caractéristiques du bassin :

X.4.3.1 Méthode de Ventura:

$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$ (Pour les bassins inférieurs à $5km^2$) $A < 5\ km^2$

X.4.3.2 Méthode de Passini :

$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A*L}}{\sqrt{P}}$ (Pour les bassins entre 5 km^2 et $25km^2$) $5\ km^2 < A < 25\ km^2$

X.4.3.3 Méthode de Giandotti :

$Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{\overline{H}}}$ (Pour les bassins entre 25 km^2 et $400km^2$) $25\ km^2 < A < 400\ km^2$

Avec :

- Tc : Temps de concentration (*h*)
- A : Surface du bassin (km^2)
- P : Pente moyenne du bassin (m/m)
- L : Longueur du bassin (Km)
- H : Différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m)
- $\overline{H}$: Différence entre l'altitude moyenne et minimale du bassin (m)

Ces différentes approches donnent des résultats variés et ne peuvent offrir qu'une estimation approximative du temps de concentration. Le temps de concentration offre la possibilité de

comparer différents bassins versants entre eux, ce qui en fait un paramètre représentatif de leurs caractéristiques morphologiques.

X.4.4 L'intensité de pluie I :

La formule de Montana permet d'estimer l'intensité de la pluie d'une durée donnée et d'une période de retour donnée pour un lieu précis. Elle est couramment utilisée en hydrologie pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et l'étude des crues.

La formule de montana :

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

Avec :

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

Le tableau suivant répertorie le paramètre "a" pour différentes fréquences :

44 TableauX.45 : Coefficient de Montana « a(t) »

T (ans)	10	20	50	100
a(t)	20,70	23,25	26,75	29,30

Et la valeur de b = 0.64

X.4.5 Coefficient de ruissellement :

Le ruissellement superficiel correspond à l'eau provenant de la pluie, qui circule par la superficie et qui se concentre dans les lits, Cela représente par conséquent, le reste de pluie qui reste dans la superficie après avoir décompté les phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration, de stockage et d'infiltration dans les couches inférieures.

46 Tableau X.47 : Coefficient de ruissellement Cr

T (ans)	10	50	100
Coefficient de ruissellement Cr **(%)**	0,4	0,49	0.52

X.4.6 Le débit de saturation Q_s :

Le débit de saturation représente le débit d'écoulement maximal que peut atteindre un canal ou une conduite d'écoulement lorsque la section mouillée est pleine. En d'autres termes, il s'agit du débit critique au-delà duquel l'eau ne peut s'écouler plus rapidement, même si la pente du canal ou la vitesse d'arrivée de l'eau augmentent.

Il est donné par la formule de MANING STRIKLER :

$$\mathbf{Q_s = S_m \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}$$

Avec :

- S_m : section mouillée
- K_{st}: coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage
- Rh : rayon hydraulique en (m)
- I : pente longitudinale du canal en (m/m)

X.5 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS :

48 Tableau X.5 : Les valeurs des débits d'apport

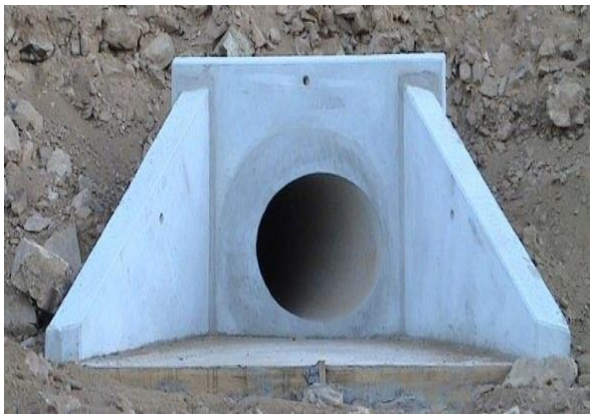
N° BV	PK	Tc (h)	i(t)10 ans (mm/h)	i(t)50 ans (mm/h)	i(t)100 ans (mm/h)	Q10 ans (m3 /s)	Q50 ans (m3 /s)	Q100 ans (m3 /s)
1	621+000	0.37	39.11	50.54	55.36	9.79	15.49	18.01
2	621+600	0.11	85.01	109.86	120.33	0.38	0.6	0.7
3	623+175	0.13	76.39	98.72	108.13	2.04	3.23	3.75
4	623+525	0.08	104.23	134.69	147.53	1.27	2.02	2.35
5	624+525	0.09	96.66	124.91	136.82	1.4	2.21	2.57
6	626+075	0.3	44.73	57.81	63.32	7.86	12.44	14.46
7	626+520	0.07	113.53	146.71	160.7	0.76	1.2	1.39
8	626+975	0.07	113.53	146.71	160.7	1.01	1.6	1.86
9	628+200	0.41	36.63	47.33	51.84	11.2	17.73	20.61
10	628+620	0.18	62.03	80.16	87.8	4.21	6.66	7.74
11	629+120	0.11	85.01	109.86	120.33	1.13	1.8	2.09
12	629+470	0.2	57.98	74.93	82.07	5.29	8.37	9.73
13	630+080	0.15	69.71	90.08	98.67	1.63	2.58	3
14	630+440	0.07	113.53	146.71	160.7	0.85	1.34	1.56
15	631+000	0.12	80.41	103.91	113.81	1.79	2.83	3.29

X.6 ÉTUDE HYDRAULIQUE:

Pour concevoir les structures hydrauliques pour traverser la voie, il est nécessaire de déterminer la crue projetée la crue de projet revêt une importance capitale dans la conception des structures hydrauliques, symbolisant le pic de crue que l'ouvrage devra endurer. Sélectionner la fréquence de retour de cette crue nécessite un équilibre entre les coûts d'investissement et le risque de dépassement.

X.6.1 Les Systèmes de drainage transversal :

- 100 ans pour la conception des ponts
- 50 ans pour la conception des dalots et buses
- 10 ans pour la conception des éléments de drainage de la plateforme



27 FigureX.1 : Les systèmes de drainages (buse)



28 FigureX.2 : Les systèmes de drainages (dalot)

X.6.2 Prédimensionnement des ouvrages :

Les eaux des bassins versants s'écoulent à travers l'autoroute en utilisant des dalots et des buses. Le choix de l'ouvrage est basé sur l'hypothèse relative au débit d'apport identifié.

X.6.2.1 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 621+600 :
Pour (BV 2) (A=0.04 km², L=1.04km).

Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.04}{0.05}} = 0.11$ h

$I(t,T) = a(T)t^{-b}$ à T= 50 ans ; a= 26.75, b=0.64.

I= 109.86 mm/h

X.6.2.2 Détermination du débit d'apport :
On applique la formule :

Q_a= K.C.I.A

Q_a = 0.278×0.49×109.86× 0.04

Q_a = 0.6 m^3/s

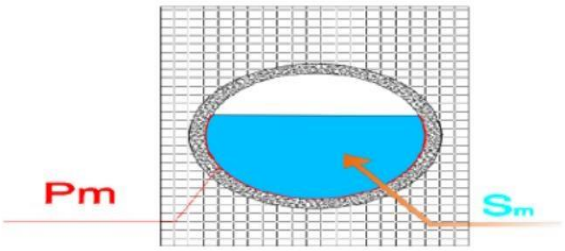
X.6.2.3 Détermination de dimension du Buse:

$Q_s = Q_a = S \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

$Q_s = K_{st} \times I^{0.5} \times \pi \times (\frac{R^{\frac{2}{3}}}{2})$

$R= (\frac{Q_a}{Kst*0.5^{\frac{2}{3}}*\pi*I^{0.5}})^{\frac{3}{8}}$

R= 0.293m



31 Figure X.3 : buse

Avec :

Φ = 2 x R

Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commerciale existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc.

Donc en prend : Φ=1000 mm

X.6.2.4 Vérification des conditions d'auto curage :
Pour cela on calcul :

Q_{ps} : débit a pleine section.

V_{ps}: vitesse a pleine section.

Conditions d'auto curage :

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

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

Calcul de débit à pleine section Q_{ps}

$Q_{ps} = K_{st} \times S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0.5}$ =1.2 m^3/s

Calcul de vitesse à pleine section V_{ps}

$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = \frac{1.2}{3.14 \times 0.5^2}$ = 1.53 m/s

Pour : $\frac{Q}{Q_{ps}}$ = 0.1 alors $\frac{V}{V_{ps}}$ = 0.64

Donc : V = 0.64 V_{ps}

V= 0.64 x 1.53

V= 0.98 > 0.6

Pour $\frac{Q}{Q_{ps}}$ = 0.01 alors $\frac{V}{V_{ps}}$ = 0.315

Donc : V = 0.315 V_{ps}

V= 0.315x 1.53

V= 0.48 > 0.3

Le tableau suivant résumé tous les résultats de calcul :

49 Tableau X.6 : vérification les résultats de calcul les conditions d'auto curage

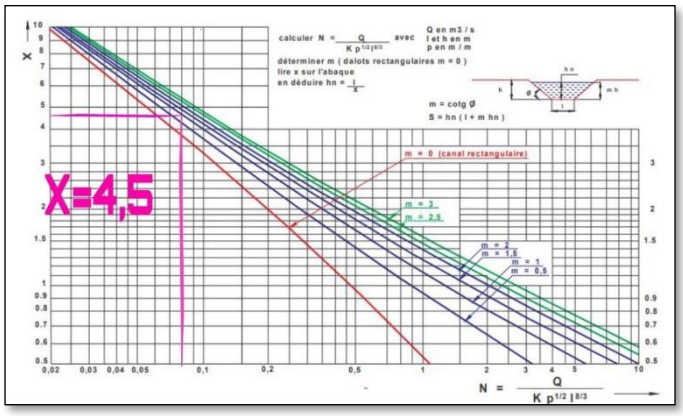
Condition	Q_{ps}	V_{ps}	V	Vérification
V>0.6	1.2	1.53	0.98	Vérifié
V>0.3	1.2	1.53	0.48	Vérifié

X.6.2.5 Condition de calage :
D=F= 1m, R=0.5m et b=1.8m

$N=\frac{Q}{Z*\sqrt{I}*b^{\frac{8}{3}}}$ = 0.08

m =1

X=4.5 et $h_n = \frac{b}{X}$ = 0.4



33 Figure X.4 : l'abaque pour calculer hn

$N=\frac{Q}{g*b^5}$= 0.002

m =1

X=7.5 et $h_c = \frac{b}{X}$ = 0.24

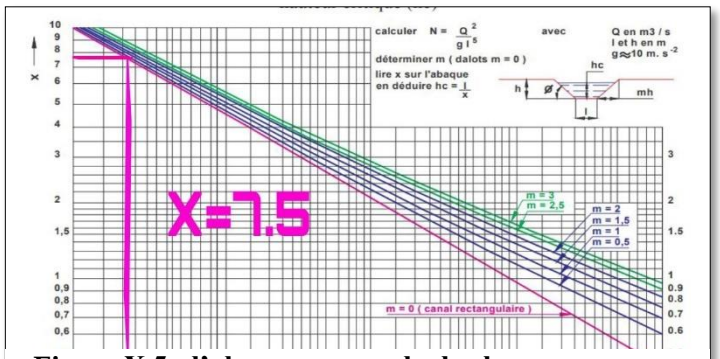


Figure X.5 : l'abaque pour calculer hc

35 Figure X.5 : l'abaque pour calculer hc

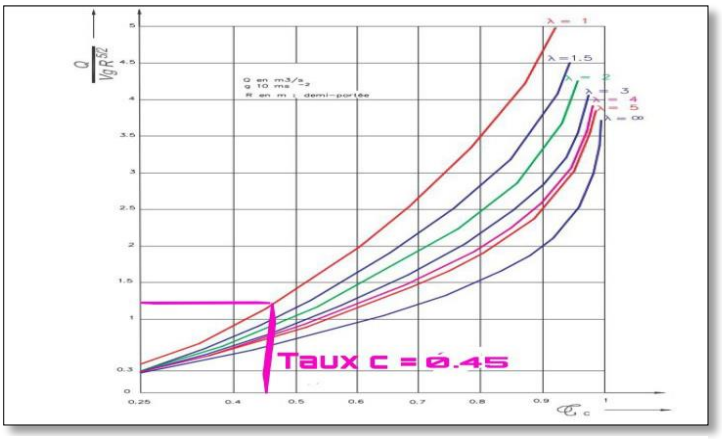
On a $h_n > h_c$

Donc le régime d'écoulement est : Régime fluvial

Calage de l'ouvrage :

$N = \frac{Q}{\sqrt{g} * R^{\frac{5}{2}}} = 1.25$

$\lambda = 1$



37 Figure X.6 : l'abaque pour calculer yc

$\tau_c = 0.45$

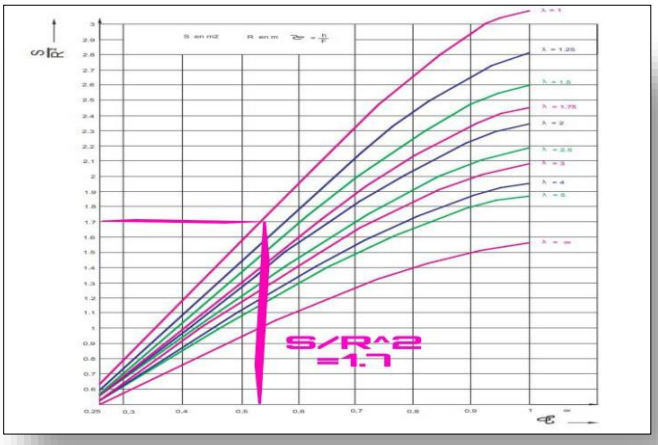
$y_c = \tau_c \times F = 0.45$

$y_n = 1.2 * y_c = 0.54$

$y_e = \max(y_n ; h_n) = 0.54$

$\tau_n = \frac{y_n}{F} = 0.54$

$\lambda = 1$



38 Figure X.7 : l'abaque pour trouver S/R^2

$\frac{S}{R} = 1.7$

$v = 1.77 \text{ m/s} < 4$

$H_{am} = y_e + (1+ke) \times \frac{v^2}{2g} = 0.76$

$y_t = \frac{Ham + y_e}{2} = 0.65$

Taux de remplissage : $\tau = \frac{yt}{F} = 65\% < 75\%$

Le tableau suivante résumé tous les résultats :

50 Tableau X.7 : résultat de calcul calage d'ouvrage

y_c	y_n	y_e	v	H_{am}	y_t
0.45	0.54	0.54	1.77	0.76	0.65

La vérification :

V = 1.77 m/s < 4 conditions est vérifiée

Taux de remplissage : τ = 65% < 75% condition est vérifiée

X.6.3 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 626+075 :
Pour (BV 10) (A=1.58km², P= 0.28m/m, L=3.11km).

X.6.3.1 Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :
A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.61}{0.28}} = 0.18$ h

$I(t,T) = a(T)t^{-b}$ à T= 50 ans ; a= 26.75, b=0.64

I= 80.16 mm/h

X.6.3.2 Détermination du débit d'apport :
On applique la formule :

Q_a= K.C.I.A

$Q_a = 0.278 \times 0.49 \times 80.16 \times 0.61$

$Q_a = 6.66\ m^3/s$

X.6.3.3 Détermination des dimensions du dalot :
La surface mouillée : $S_m = 0.8H*B$

Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6*H+B$

Le rayon hydraulique $Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8*H*B}{1.6*H*B}$

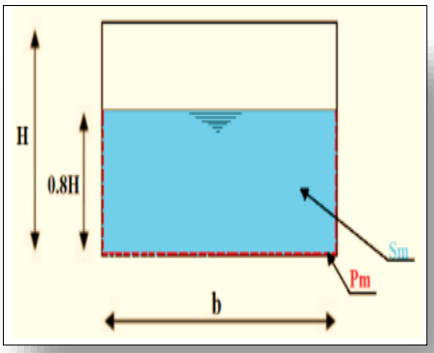
$Q_s = Q_a = S \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

$H = \frac{1}{0.8 \times B} \times (\frac{Qa}{K_{st} \times \sqrt{I}})^{\frac{3}{5}} \times (1.6 \times H + B)^{\frac{2}{5}}$

Q_s: Débit de saturation en m3/s.

K_{st}: Coefficient de Strickler =70

I : Pente de dalot, On donne I=1% (pente naturelle de lit de l'écoulement)



40FigureX.8 :Dalotavec remplissage de 80%.

Pour les grandes pentes ; on limite la pente de projet pour éviter les grandes vitesses

On fixe B=2 m et on fait varier le H pour trouver la valeur proche.

On trouve H=1.015 m. Le dalot sera dimensionné en 2×2m.

Vérification de la vitesse :

$V = \frac{Q}{S} = \frac{6.66}{1.015 \times 2} = 3.28$ m/s < 4 m/s condition vérifié

Vérification la hauteur critique

$\frac{B \times Q^2}{g \times Sc^3} = 1$ D'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g*B^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.66^2}{10*2^2}} = 1.05 < 1.5$

Vérification du régime d'écoulement :

Nombre de Froude= $\frac{V}{\sqrt{g*h}} = \frac{3.26}{\sqrt{10*2}} = 0.72 < 1$ (régime fluvial)

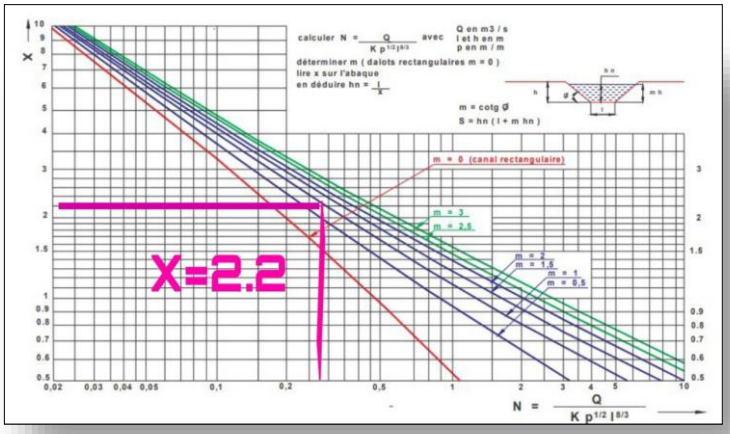
X.6.3.4 Condition de calage :

B=2.8, l= 2 et H=2

$N = \frac{Q}{K*\sqrt{I}*b^{\frac{8}{3}}} = 0.36$

m=1

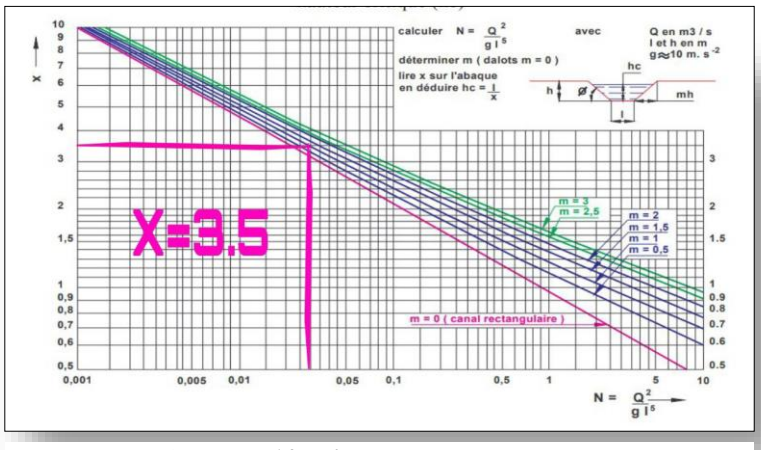
X=2.2 $h_n = \frac{b}{X} = 1.27$



42 Figure X.9 : l'abaque pour calculer hn

$N = \frac{Q}{g*b^5} = 0.035$

m= 1



44 Figure X.10 : l'abaque pour calculer hc

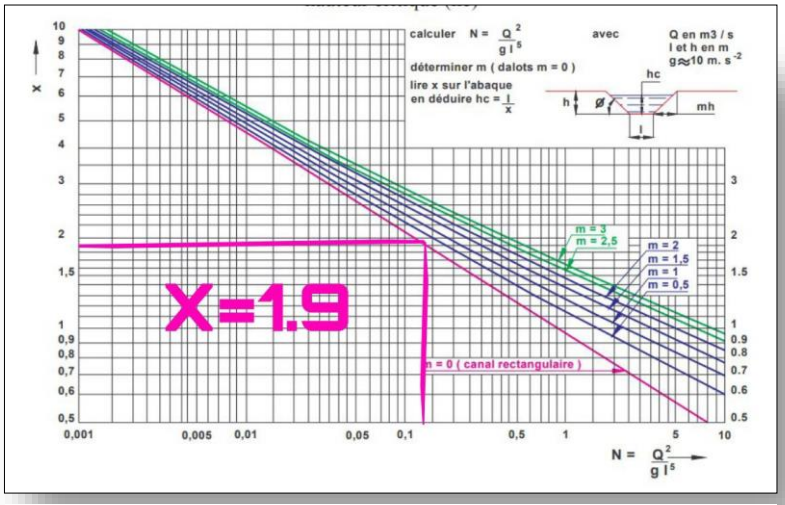
X=3.5 $h_c = \frac{b}{X} = 0.8$

On a $h_n > h_c$

Donc le régime d'écoulement est : Régime fluvial

$N = \frac{Q^2}{g*l^5} = 0.19$

m= 0



46 Figure X.11 : l'abaque pour calculer yc

X=1.9 $y_c = \frac{b}{X} = 1.0$

$y_n = 1.2 \times y_c = 1.26$

$y_e = \max(y_n; h_n) = 1.27$

$v = \frac{Q}{y_e \times l} = 2.18$ m/s < 4

$H_{am} = y_e + (1+ke) \times \frac{v^2}{2g} = 1.62$

$y_t = \frac{H_{am}+y_e}{2} = 1.45$

Taux de remplissage : $\tau = \frac{y_t}{F} = 72.25\% < 75\%$

Le tableau suivante résumé tous les résultats :

51 Tableau X.8 : résultat de calcul calage d'ouvrage

y_c	y_n	y_e	v	H_{am}	y_t
1	1.26	1.27	2.18	1.62	1.45

La vérification :

V = 2.18 m/s < 4 conditions est vérifiée

Taux de remplissage : τ = 72.25 % < 75% condition est vérifiée

X.7 TABLEAU RECAPITULATIF DES DALOTS ET DES BUSES :

Les résultats obtenus pour notre projet sont résumés dans le tableau ci-dessous

52 Tableau X.9 : Liste des ouvrages hydrauliques

N° BV	PK	S [km^2]	Q_{50} ans (m^3/s)	Type d'ouvrage	Dimension d'ouvrage
1	621+000	2.25	15.49	Dalot	2(2mX2m)
2	621+600	0.04	0.6	Buse	Φ=1000mm
3	623+175	0.24	3.23	Dalot	1.5mX1.5m
4	623+525	0.11	2.02	Buse	Φ=1500mm
5	624+525	0.13	2.21	Buse	Φ=1500mm
6	626+075	1.58	12.44	Dalot	2(2mX2m)
7	626+520	0.06	1.2	Buse	Φ=1500mm
8	626+975	0.08	1.6	Buse	Φ=1500mm
9	628+200	2.75	17.73	Dalot	2(2mX2m)
10	628+620	0.61	6.66	Dalot	2mX2m
11	629+120	0.12	1.8	Buse	Φ=1500mm
12	629+470	0.82	8.37	Dalot	3(1.5mX1.5m)
13	630+080	0.21	2.58	Dalot	1.5mX1.5m
14	630+440	0.067	1.34	Buse	Φ=1500mm
15	631+000	0.2	2.83	Dalot	1.5mX1.5m

X.8 CONCLUSION:

L'étude hydraulique a permis de déterminer les caractéristiques hydrologiques du site et de proposer des solutions techniques adaptées pour la gestion des eaux. Les infrastructures recommandées, telles que les buses, les dalots, les fosses et les ouvrages d'art, assureront une gestion efficace des flux hydriques et la prévention des inondations. Les résultats détaillés en annexe des dimensionnements des ouvrages transversaux et longitudinaux fournissent une base solide pour la planification et l'exécution des travaux, garantissant la conformité aux normes et la protection des ressources en eau.

CHAPITRE XI : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

CHAPITRE XI CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XI.1 INTRODUCTION

Un échangeur est un croisement sur plusieurs niveaux (carrefour dénivelé) entre deux routes, permettant la circulation entre les voies qui se croisent. Sa fonction principale est de maintenir la continuité des réseaux autoroutiers tout en desservant plusieurs directions simultanément. Il doit être implanté de manière à respecter les conditions générales de visibilité et à assurer une perception claire du point d'échange. La conception d'un échangeur est une étape cruciale, car elle prend en compte le coût du projet et sa durabilité. Différents types d'échangeurs sont utilisés en fonction de l'intensité du trafic entre les deux voies et de la configuration du site.

On désigne les échangeurs par :

- Les nœuds : qui assurent les liaisons entre voies de type « autoroute ».
- Les diffuseurs : qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Notre échangeur est de type diffuseurs, assurant à la fois la liaison entre la pénétrante autoroutière et la route nationale (RN), ainsi que des échanges avec la voirie locale.

XI.2 ROLE DE L'ECHANGEUR

L'échangeur a pour rôle de :

- D'assurer la continuité du réseau autoroutier.
- De desservir plusieurs directions.
- Distribuer les flux dans les différentes directions, selon l'ordre d'importance.
- Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions.
- D'éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- De diminuer le problème d'accidents en évitant le point de conflit.

XI.3 REGLES DE CONCEPTION

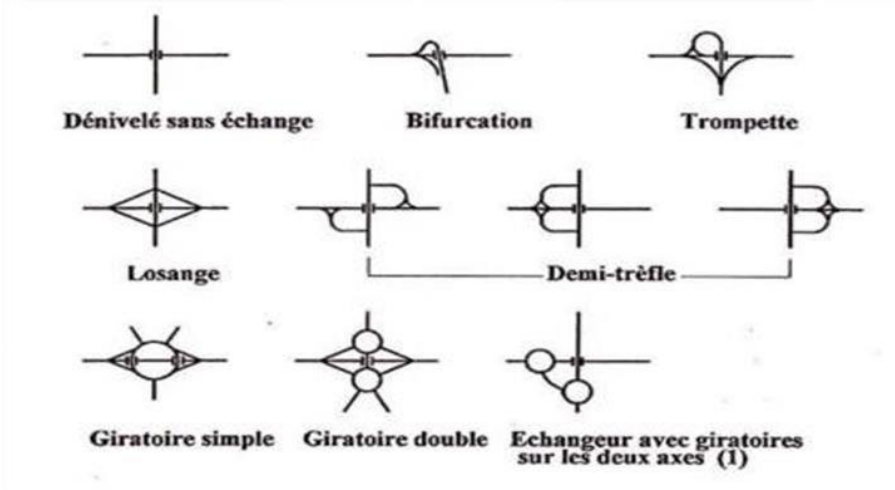
Une bonne conception d'échangeur nécessite ➢ La détermination de tracé.

- La projection de plusieurs variantes d'échangeurs.
- L'analyse et le choix en évitant :
  - Le passage sur les terrains agricole.
  - Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.

- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

XI.4 TYPE DES ECHANGEURS

- • Échangeur majeur : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation « Y» ;
- • Échangeur mineur : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).



47 Figure XI-1 : différente type d'échangeur

XI.4.1 Echangeur majeur :

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

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

Ce sont les configurations suivantes :

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

XI.4.2 Echangeur mineur :

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

- **Trompette :** pour les raccordements à trois branches : il est utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches et comporte : alignement droit commun à toutes les bretelles, une boucle « entrée ou sortie », une diagonale de sortie.

- **Losange :** Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

- **Demi – trèfle :** La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

XI.5 LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR

Peu importe l'importance, la classification ou la forme d'un échangeur, celui-ci est composé de trois éléments assemblés, à savoir :

- L'ouvrage d'art (pont) ;
- Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires) ;
- Les bretelles.

XI.6 CHOIX DU TYPE D'ECHANGEUR

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente.

Donc le choix du type d'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

1ère Etape : Détermination du tracé à partir de

- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Présentation du site d'implantation.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

2éme Etape : Configuration du tracé à adopter

L'échangeur à préconiser doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume en :

- Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
- Des longueurs des voies réglementaires (Insertion & décélération).

3éme Etape : Analyse

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

XI.7 APPLICATION SUR NOTRE PROJET :

Le choix du type de l'échangeur dépend essentiellement des paramètres suivants :

- Type de terrain : le terrain de notre projet est un terrain vallonné
- Type de route a raccordé : La réalisation de l'échangeur reliant la route de l'unité africaine (RN01) à la RN 48 constitue une solution efficace pour améliorer la fluidité du trafic et renforcer la sécurité routière, en assurant la séparation des mouvements et la réduction des points de conflit. Cet aménagement garantit également une liaison fonctionnelle entre le réseau routier structurant et les routes nationales, contribuant ainsi à de meilleures conditions de déplacement et à la réduction du temps de parcours. Il peut être classé parmi les diffuseurs.

➢ Vitesse sur les bretelles :

- La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h.
- La vitesse sur RN48 est de 80 km/h.
- La vitesse sur l'échangeur est : Sur la boucle 40km/h

Sur la brettèle 60km/h

XI.7.1 Caractéristiques géométriques des bretelles XI.7.1.1 Tracé des bretelles :

Les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles d'après le guide SETRA des échangeurs (complément de l'ICTAAL2000) sont les suivantes

Tableau XI-1: Valeur limite de rayons de bretelle

Rayon	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimal Rm(m)	40 et 100 (le premier rayon rencontré)	40
Rayon minimal non déversé Rnd(m)	300	
Rayon maximal dans la boucle Rmax(m)		60

XI.7.1.2 Enchainement des éléments du tracé en plan :

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes ;
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées ;
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

XI.7.1.3 Raccordements progressifs :

- Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0,4}$et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

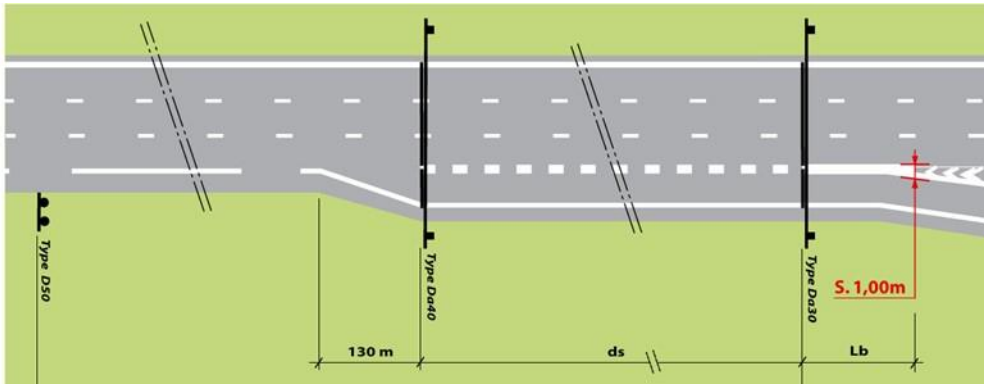
- Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.

XI.7.1.4 Zones d'accélération et de décélération :
La connexion entre une bretelle et une autoroute se fait en utilisant une voie d'insertion pour l'entrée, et une voie de décélération pour la sortie..

➢ **Zone de décélération :**

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs. Le dispositif de sortie comporte successivement

- Le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
- Un biseau long de 130 m.



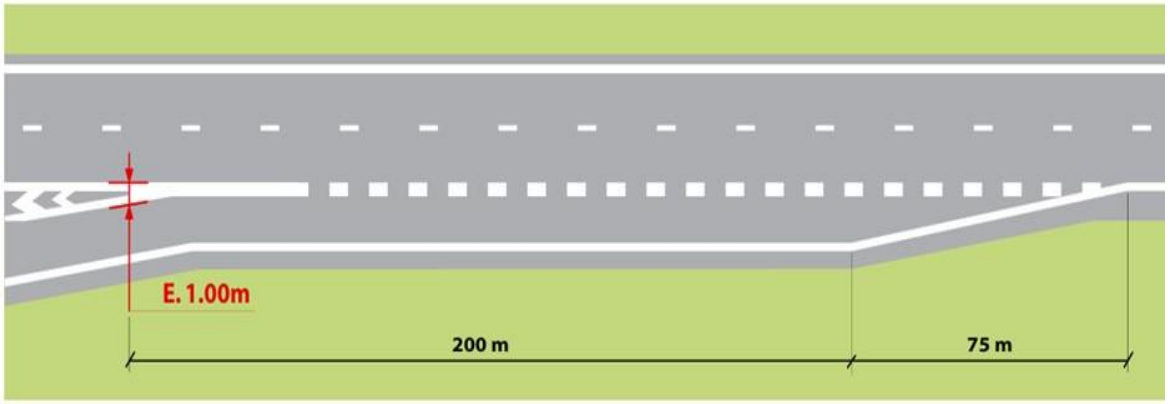
48 Figure XI-2 : Dispositif de sortie d'autoroute

Zone d'accélération : Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m"

Par convention, la vitesse au point S.1,00 m est de :

- 60 km/h pour une sortie depuis une bretelle/branche à une voie ;
- Un biseau long de 75 m.



49 Figure XI-3 : Dispositif d'entre à l'autoroute

XI.7.1 Profil en long d'une bretelle

53 Tableau XI-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long

Déclivité maximale	**5** %
rayon minimal en angle saillant	**12500** m
rayon minimal en angle rentrant	**4200**m

XI.7.2 Profil en travers d'une bretelle

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.

54 Tableau XI-3 : Les largeurs des composants du profil en travers

Berme	BDG	Chaussée	BAU
2.5	0.5	3.5+S	**2.5**

XI.8 VISIBILITE

XI.8.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant

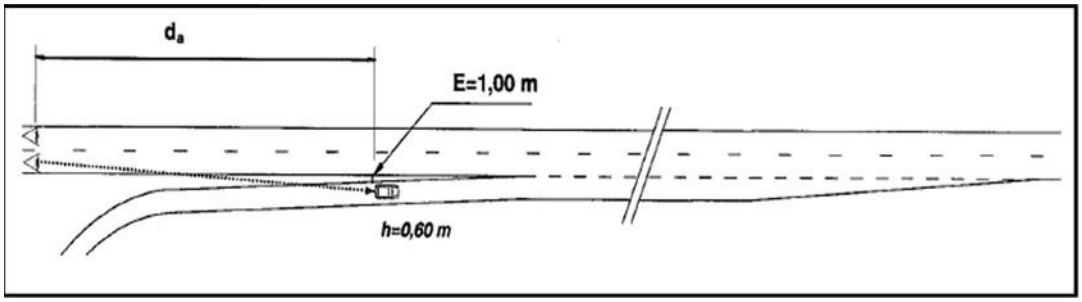
Distance d'arrêt : da= distance de freinage + distance de perception/réaction

da = 2V+V2/2g (γ(v) +p)

Avec :

- V en m/s.
- γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

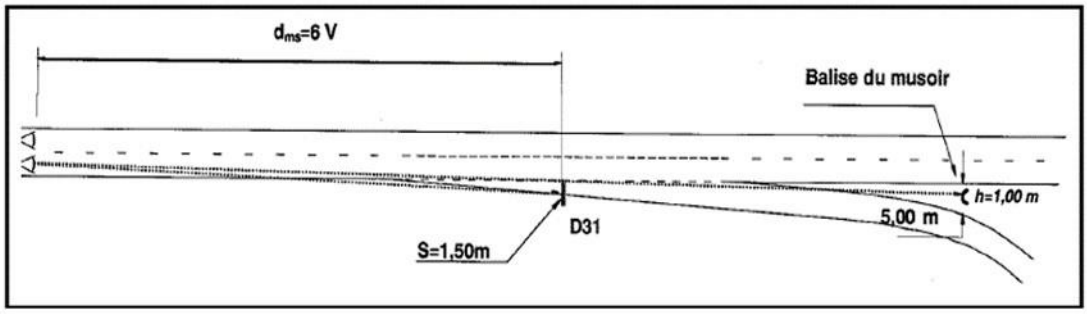
Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%



50 Figure XI-4 : Règle de visibilité sur une entrée d'autoroute

XI.8.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute

Distance de manœuvre de sortie dms : qui permet de définir également les changements de files en section courante : dms = 6V (V en m/s)



51 Figure XI-5 : Visibilité sue une sortie d'autoroute

XI.8.3 Distance de visibilité sur marquage dvm

Une distance de visibilité dvm est nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire dvm = 3V (V en m/s)

XI.8.4 Distance de lecture (Lc)

Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation : Lc =5V avec V en m/s

XI.8.5 Résumé

55 Tableau XI-4 : les Principales distances de visibilité

Vitesse (km/h)	130
Vitesse (m/s)	36.1
Décélération moyenne γ(v)	0.32 (m/s2)
Distance d'arrêt en palier (p=0)	280
Distance d'arrêt en courbe pour R	335
Distance de manœuvre en sortie dms (et changement de file	220
Distance de visibilité sur marquage dvm	110
Distance de lecture lc	180



52 Figure XI-6 : échangeur Pk 1+100

XI.9 CONCLUSION

La conception de cet échangeur a permis de choisir une solution adaptée pour assurer la liaison entre la RN01 et la RN48 dans de bonnes conditions de sécurité et de circulation. Le type diffuseur retenu permet de faciliter les échanges entre les routes tout en réduisant les risques d'accidents et les points de conflit. L'étude a également permis de définir les caractéristiques géométriques des bretelles, les distances de visibilité ainsi que les voies d'accélération et de décélération conformément aux normes techniques. Ainsi, cet échangeur

contribuera à améliorer la fluidité du trafic, le confort des usagers et la performance du réseau routier.

CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

CHAPITRE XII : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XII.1 SIGNALISATION :

XII.1.1 INTRODUCTION :

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans une très bonne condition (vitesse, sécurité).

XII.1.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

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

XII.1.3 TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de la signalisation :

- **Signalisation verticale :** Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent Un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.
- **Signalisation horizontale :** Les signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, elles sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers sur la route.

XII.1.4 APPLICATION AU PROJET :

XII.1.4.1 Signalisation verticale :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour le projet :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger type A.
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité type B.
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction type C.
- Panneaux de signalisation d'obligation type D.

Type A :

			
A1b Virage à droite	**A1a** Virage à droite	**AB25** Carrefour à sens giratoire	**A15a2** Passage d'animaux domestiques

- **Type B :**


B1 Cédez le passage à l'intersection.

- **Type C :**

	
C1	**C11a** Vitesses limitées

Sens interdit à tout véhicule	

Type D :

	
D1 Sens obligatoire	D1 Sens obligatoire

- **Signalisation de direction :**



XII.1.4.2 Signalisation horizontale :

En ce qui concerne l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de : U = 7.5 cm.

- **Marques longitudinales :**

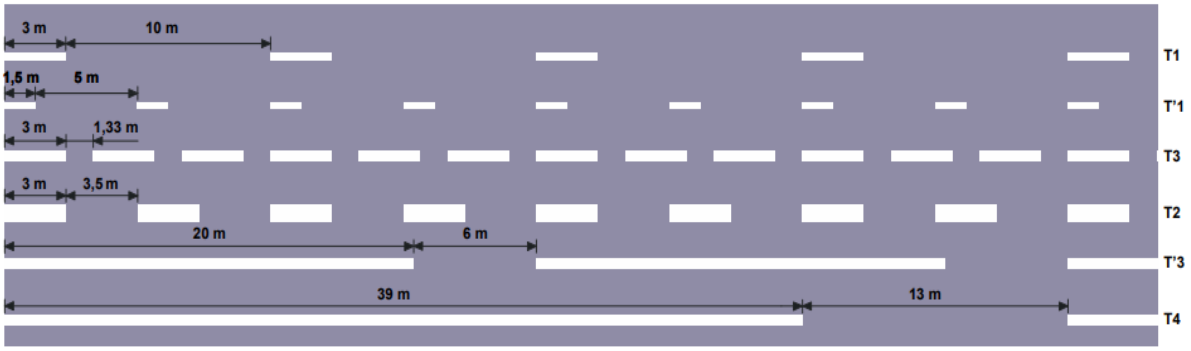
  - **Lignes continues :** Elles ont un caractère impératif. Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit.

  - **Lignes discontinues :** Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

56 Tableau XII-1 : Modulation des lignes.

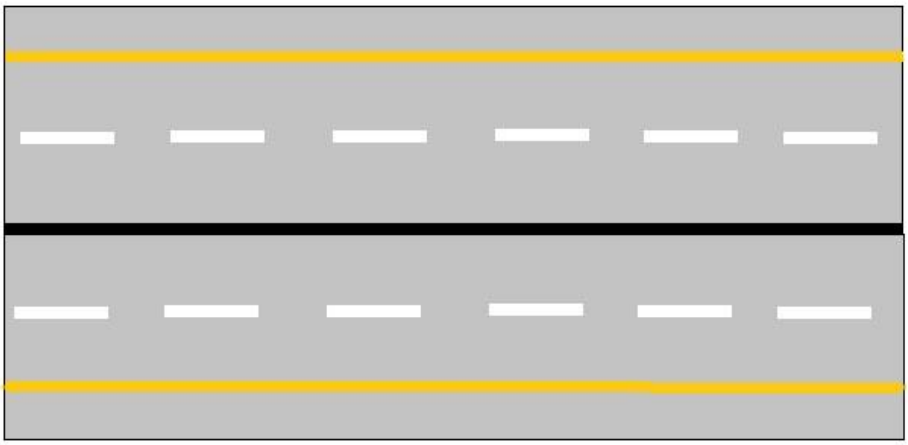
Type de modulation	Longueur de trait (m)	Intervalles entre 2 traits successifs (en m)	Rapport plein vide
T1 T'1	3,00	10,00	Environ 1/3

	1,50	5,00	
T2 T’2	3,00 0,50	3,50 0,50	Environ 1
T3 T’3	3,00 20,00	1,33 6,0 0	Environ 3



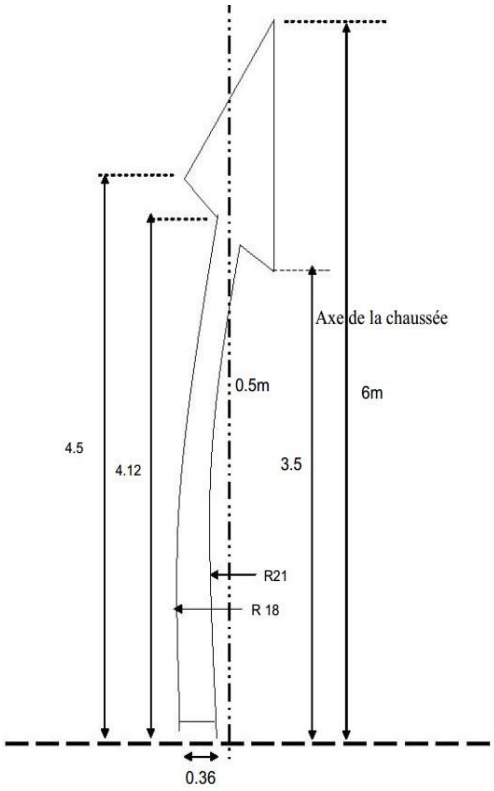
53 Figure XII.1 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes

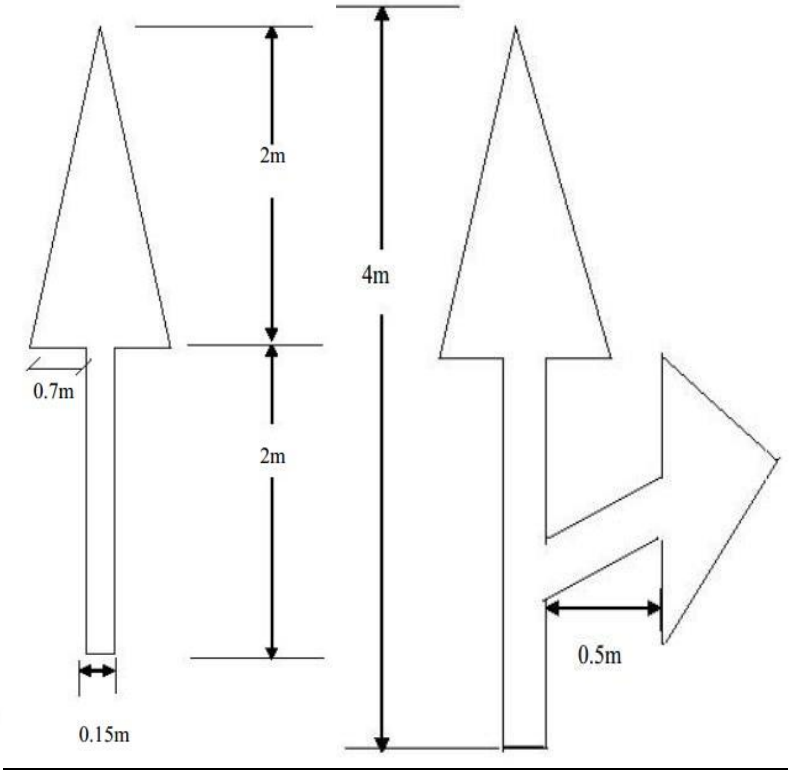
Le marquage de tracé :



54 Figure XII-1 : Les lignes de delimitation de trace.

- **Flèche de Rabattement :**





XII.2 ECLAIRAGE:

Dans un contexte de trafic croissant, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes revêtent une importance cruciale en termes de sécurité. Leur objectif principal est de garantir aux usagers de la route la possibilité de circuler la nuit avec un niveau de sécurité et de confort aussi élevé que possible.

XII.2.1 Catégories d'éclairages:

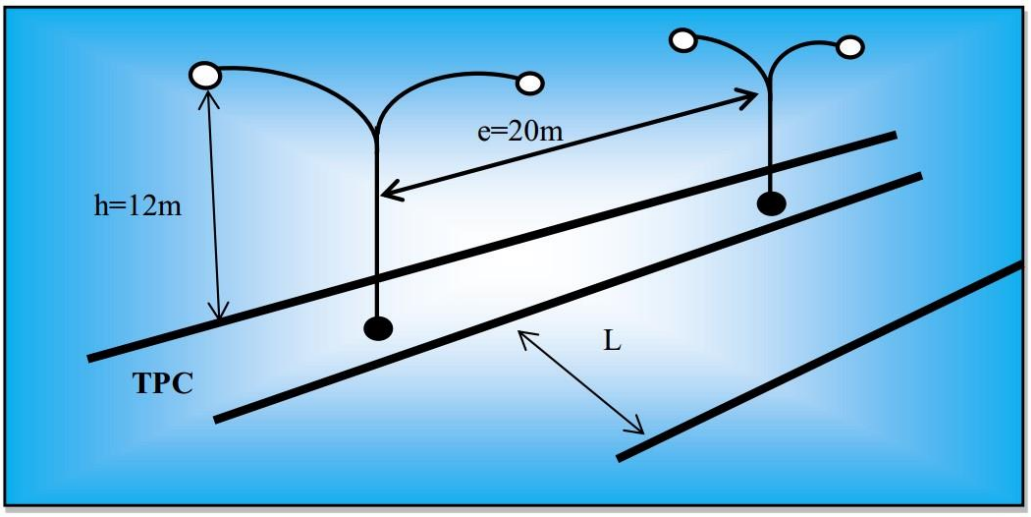
Pour les routes, on distingue quatre catégories :

- Catégorie A : éclairage général d'une route ou une autoroute
- Catégorie B : éclairage urbain
- Catégorie C : éclairage des voies de cercle

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

XII.2.2 Paramètres de l'implantation des luminaires:

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées
- La largeur (l) de la chaussée
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée



55 Figure XII-2 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

XII.2.3 Application au projet :

- La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place
- Les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité
- L'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route

XII.2.3.1 Eclairage de la voie (le long de la RN1) :

Pour l'éclairage de la voie (le long de la RN1) des lampadaires avec deux foyers portés par le même support de 12m de hauteur éclairante chacun un demi chaussé, sont implantés dans le terre-plein central**.**

XII.3 CONCLUSION:

Notre étude de signalisation pour l'autoroute a permis de cerner les besoins en sécurité et fluidité du trafic. Les solutions recommandées, telles que les panneaux, marquages au sol et dispositifs de régulation, sont basées sur les normes et meilleures pratiques. Ces recommandations offrent une base solide pour améliorer la sécurité et la gestion du trafic sur l'autoroute, conformément aux réglementations en vigueur.

CHAPITRE XIII : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

CHAPITRE XIII : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

XIII.1 INTRODUCTION :

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est une analyse approfondie des effets potentiels d'un projet sur l'environnement. Elle vise à identifier, évaluer et atténuer ces impacts, en tenant compte des préoccupations des parties prenantes. L'EIE est un outil essentiel pour la prise de décision éclairée en matière d'aménagement du territoire et de développement durable.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier peuvent se résumées en :

- Analyse de l'état initial
- Analyse des impacts
- Mesures d'atténuation des impacts

La réalisation de la touse de la route de l'unité africaine s'accompagnera certainement d'impacts positifs et négatifs sur le milieu existant, que ce soit durant la phase de construction ou lors de l'exploitation ultérieure de la nouvelle infrastructure.

XIII.2 OBJECTIF DE L'ETUDE D'IMPACT SUR ENVIRONNEMENT :

L'objectif principal d'une étude d'impact environnemental est de détecter, évaluer et quantifier les impacts immédiats et différés d'un projet, tout en suggérant des stratégies appropriées pour atténuer les répercussions négatives.

Cette étude vise à :

- Assurer l'intégration des contraintes et des opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur
- Les mesures envisagées pour réduire, compenser les conséquences dommageables du projet

XIII.3 EVALUATION DES IMPACTS :

L'approche méthodologique utilisée pour évaluer les impacts environnementaux du projet repose essentiellement sur l'appréciation de l'intensité, de l'étendue et de la durée de l'impact appréhendé que celui-ci soit positif ou négatif. Ces trois qualificatifs sont agrégés en un indicateur synthèse, l'importance de l'impact, qui permet de porter un jugement global sur les effets anticipés pour une composante, suite à une intervention sur le milieu.

XIII.3.1 Intensité de l'impact :

La valeur écosystémique d'une composante donnée est considérée :

- Grande : Lorsque la composante est d'une importance cruciale en termes de rôle écosystémique, biodiversité et qualité exceptionnelle.
- Moyenne : Lorsque la composante suscite un intérêt important et des qualités reconnues, mais que sa conservation ou sa protection reste sujette à débat sans consensus clair.
- Faible : lorsque cette dernière présente un intérêt et des qualités dont la conservation et la protection sont l'objet de peu de préoccupations.

XIII.3.2 Étendue de l'impact :

L'étendue de l'impact mesure la portée spatiale des effets d'une intervention sur le milieu, incluant la distance, la surface ou la proportion de population affectée par les modifications. Les trois niveaux considérés pour qualifier l'étendue d'un impact sont :

- L'étendue régionale : Lorsque l'impact touche une large zone ou une proportion importante de la population de la région réceptrice.
- L'étendue locale : Lorsque l'impact est localisé ou affecte une minorité de la population dans la zone d'étude.
- L'étendue ponctuelle : Lorsque l'impact est localisé et touche peu de composantes ou d'individus près du site du projet.

XIII.3.3 Durée de l'impact :

La durée de l'impact précise sa dimension temporelle, distinguant les impacts en fonction de leur période de manifestation. La méthode utilisée distingue les impacts de :

- Longue durée : Les impacts continus persistent pendant la durée de vie de l'équipement ou des activités, voire au-delà.
- Moyenne durée : Les impacts continus persistent sur une période relativement prolongée mais habituellement plus courte que la durée de vie de l'équipement ou des activités.
- Courte durée : Les impacts temporaires se font sentir pendant une période limitée, généralement pendant la construction des équipements ou le démarrage des activités, comme une saison.

XIII.3.4 Importance de l'impact :

L'analyse de l'intensité, de l'étendue et de la durée définit le niveau d'importance de l'impact, avec une grille présentant cinq niveaux, de très fort à très faible.

XIII.4 IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT :

XIII.4.1 Evaluation des impacts pendant la période de chantier :

Le présent chapitre identifie les impacts potentiels liés à la phase de construction de la route de l'unité africaine

XIII.4.2 Impact dû à la pollution de l'air :

La pollution de l'air pendant la période de chantier sera caractérisée par une abondance de la poussière due essentiellement aux travaux de terrassements et des mouvements des engins de chantier. Ces poussières altéreront la qualité de l'air ambiant, entraînant :

- Une diminution de la visibilité
- Une élévation du taux de brouillard
- Une retombée des poussières sur les zones proches des sites

Example de l'évaluation de l'impact dans les anexes.

Apres ces analyses l'impact est d'une forte importance

XIII.4.3 Impact des travaux sur le paysage :

Les sites actuels offrent un paysage cohérent, mais les travaux de chantier entraîneront des modifications paysagères majeures, notamment par l'installation des bases de vie, la disparition de la végétation, et l'activité des engins et véhicules.

Le dépôt temporaire des déblais et remblais peut être considéré comme un obstacle pour le champ visuel et diminue donc de l'attraction dont disposait les sites.

Apres les analyses de l'évaluation on trouve que L'impact de paysager est considéré d'importance moyenne.

XIII.4.4 Impact sur les sols :

Les travaux de construction de l'autoroute occasionneront l'excavation de quantités de terre et modifieront les propriétés physiques et chimique du sol, et ce notamment si, lors des travaux, le sol est humide ou saturé en eau.

Le passage répété d'engins et de camions entraînera un compactage du sol.

Toutefois, les activités de construction, pourront avoir d'autres impacts, à savoir :

- Erosion du sol
- Pollution du sol
- Consommation des terrains
- Glissement de terrains

Pendant la phase de construction, les principales activités susceptibles d'impact sur les sols sont :

- Mise en place des installations de chantier
- Déboisement et essouchement
- Terrassement, nivellement et creusage des fossés
- Traversée, détournement et réaménagement des cours d'eau

Donc l'importance de l'impact sur le sol est jugée moyenne

XIII.4.5 Impact sur les ressources hydriques :

La nouvelle infrastructure routière intercepte sur son parcours une multitude d'oueds plus ou moins importants, présentant des écoulements permanents ou non

Les différentes phases des travaux nécessaires à la construction de la pénétrante de Bejaia sont toutes des sources d'impacts susceptibles d'entraîner une dégradation temporaire de la qualité des eaux

Mentionnons également les risques associés à un déversement accidentel d'hydrocarbures en raison de la présence de la machinerie sur le site. Ces différentes sources d'impact sont fortement influencées par les conditions locales telles que le type de dépôt meuble, la pente, les conditions hydrologiques et météorologiques, de même que le type de matériel granulaire utilisé, le calendrier des travaux ainsi que le type de machinerie présente sur le site

Durant les travaux d'aménagement, les besoins en eau seront très importants (chantier, eau d'arrosage/compactage, etc.). L'essentiel des ressources en eau devrait provenir des cours d'eaux dans la zone. Ces prélèvements pourraient perturber la qualité de ces cours d'eaux, mais n'auront pas d'effets majeurs dans la consommation des populations locales

L'impact sur les ressources hydriques est jugé fort

XIII.4.6 Impact sur l'agriculture :

Les impacts sur l'agriculture sont principalement liés au chantier de construction. En effet, la construction de l'autoroute entraîne des dommages aux cultures et une gêne pour les exploitants. Il est à noter que l'importance de l'impact sur ces exploitations dépend de la valeur agricole des sols, de la superficie d'exploitation, des cultures pratiquées et de rendement.

L'impact majeur consiste dans le morcellement des parcelles et pertes de valeurs agricoles des sols. Leur exploitation peut être interrompue à cause de l'ouverture de pistes d'accès aux engins

Ces dommages sont liés à la perte permanente de superficies agricoles, les pertes de récoltes, la compaction du sol, le mélange de sol arable et de sol inerte, la coupure des chemins et des pistes agricoles, l'érosion et l'interruption du drainage de surface

Les pertes seront réparées ou compensés financièrement selon un barème défini par la direction de l'agriculture et le maître d'ouvrage, ce qui minimisera l'importance de l'impact et le rend moyen.

XIII.4.7 Impacts sur le milieu humain :

Pendant la phase des travaux plusieurs arbres seront à abattre, des bâtiments seront touchés et un certain nombre de personnes seront à déplacer.

Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents. Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux. Impact visuel des chantiers et des bases vieLes nuisances reliées aux bruits et vibrations produits par les camions et les équipements lourds circulants en direction ou en provenance du chantier, à la poussière causée par les déplacements de ces véhicules sur

le site, à la production de déchets et rebuts divers, à l'augmentation des matières en suspension dans les eaux de surface, ainsi qu'au danger relié à la circulation de machinerie lourde. Néanmoins, ces impacts seront peu importants à l'égard du milieu humain en général car le tracé passe par des zones agricoles, mais le tunnel passe par des zones urbaines, A cet effet, l'impact présente un degré de perturbation assez fort, d'intensité moyenne, d'une durée moyenne, soit un indice durée/intensité moyen, avec une étendue locale, soit un impact d'importance moyenne

L'impact lié à la destruction des habitations situées dans l'emprise autoroutière est jugé fort

XIII.4.8 Impacts socio-économiques :

Durant la période de réalisation d'un tel ouvrage, plusieurs centaines de personnes se succèdent et travaillent dans la région, apportant ainsi une contribution temporaire à l'économie locale. Cette contribution s'opère par le biais de :

Les achats locaux de matériaux et fournitures pour le chantier (matériaux de construction, carburants, etc…)

La sollicitation du commerce local et des structures d'hébergement par les intervenants sur le chantier

L'embauche temporaire de main d'œuvre locale

L'impact socio-économique est une bonification forte, d'intensité forte, d'une durée moyenne, soit un indice durée/intensité fort, d'étendue locale, soit un impact d'importance forte

XIII.5 IMPACTS POTENTIELS DURANT LA PERIODE D'EXPLOITATION :

XIII.5.1 Impact positif :

La pénétrante est un investissement rentable qui stimulera le développement agricole, industriel et touristique, améliorant l'accessibilité aux zones d'activités et touristiques. Cependant, la pénétrante permet :

- Etablir un équilibre interrégional : La pénétrante améliore le réseau routier, favorisant les échanges interrégionaux et renforçant l'intégration régionale, contribuant ainsi à la cohésion sociale
- L'amélioration de la sécurité routière : La pénétrante réduira les risques d'accidents en transférant le trafic des routes nationales vers une autoroute plus sûre, améliorant ainsi la sécurité routière
- Réduire le cout d'exploitation des véhicules : La qualité de la pénétrante autoroutière de la Kabylie, conforme aux normes internationales, prolonge la durée de vie des véhicules et réduit les coûts d'exploitation en préservant leur état, contribuant ainsi à leur amortissement
- Augmenter le gain du temps pour les usagers : La pénétrante, permettra de réduire considérablement les temps de parcours pour les usagers

- Développement du tourisme : La mise en service de la pénétrante stimulera le tourisme en connectant les sites touristiques et en soutenant l'artisanat local, nécessitant des actions telles que l'installation de panneaux touristiques le long de l'itinéraire pour informer les usagers sur les sites patrimoniaux

XIII.5.2 Impacts négatifs :

- Impacts sur la qualité de l'air : Une fois la pénétrante en exploitation, les résidents à proximité pourraient subir les désagréments de la circulation automobile, notamment les émissions atmosphériques polluantes issues de la combustion du carburant et des gaz d'échappement

- Impact sur le paysage : L'implantation de l'autoroute dans un nouveau couloir de transport agricole en milieu urbain aura des impacts paysagers significatifs, mais à long terme, elle pourrait améliorer la qualité esthétique du paysage existant, donc son impact est jugé faible

- Pollution des eaux : Durant l'exploitation de la pénétrante, le ruissellement des eaux pluviales chargées de polluants provenant de la chaussée bitumée peut entraîner une contamination des eaux de surface et souterraines, notamment par des substances nocives comme les huiles et les métaux lourds. Cela représente un risque de pollution des ressources en eau potable, particulièrement en cas d'accidents impliquant des substances dangereuses

- Impact sur la faune : La mise en service de l'autoroute crée une barrière infranchissable pour la plupart de la faune des forêts traversées, entraînant une fragmentation des habitats et des risques de collisions qui peuvent affecter à la fois la faune et les usagers

XIII.6 MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS :

Cette partie traite des mesures prévues pour réduire les impacts du projet, se divisant en mesures liées à la construction et à l'exploitation de la route de l'unité africaine

XIII.6.1 Mesures prévues durant la période de construction :

XIII.6.1.1 Mesures relatives à l'organisation du chantier :
Lors des travaux, il sera mis en place une organisation de chantier optimale, définissant les moyens humains et matériels adéquats. Cette organisation fera l'objet de l'établissement des plannings des travaux, de l'utilisation des moyens humains et des moyens matériels.

XIII.6.1.2 Mesures d'ordre et de sécurité durant le chantier :
Avant de commencer les travaux, des mesures organisationnelles et sécuritaires doivent être prises pour atténuer les effets des activités prévues

XIII.6.2 Mesures relatives à la pollution de l'air :

Pour réduire la pollution de l'air pendant le chantier, l'entrepreneur devra prendre les mesures suivantes :

- Choix d'emplacements adaptés pour les postes de concassage, criblage, tamisage et les centrales d'enrobage afin de réduire les nuisances pour les riverains et de prendre en compte la direction du vent

- Organisation du chantier avec des cheminements appropriés pour les engins, une humidification conséquente des sites, et l'équipement des camions de bâches étanches
- Réglage adéquat des moteurs des véhicules pour limiter les émissions d'échappement et nettoyage régulier des voies de circulation et aires de stationnement des véhicules

XIII.6.3 Mesures relatives à l'impact paysager :
Pour une meilleure intégration paysagère de la pénétrante autoroutière dans son environnement, il est recommandé de procéder aux aménagements paysagers suivants :

- Aménagement de terres pleines centrales
- Aménagement des sites défigurés (sites de remblais et de déblais)
- Aménagement des échangeurs

XIII.6.4 Mesures relatives à l'impact sur les sols :
Pour réduire l'impact sur les sols, les zones de circulation seront minimisées, et des véhicules adaptés seront utilisés pour éviter le compactage. La pollution des sols par les produits chimiques sera limitée en respectant les instructions d'utilisation, et les points de décharge temporaires seront choisis pour minimiser les risques d'érosion.

XIII.6.5 Mesures relatives à l'eau :
Une étude hydrologique du bassin versant a été réalisée pour la route de l'unité africaine, guidant la construction d'ouvrages de traversée respectant les écoulements, conformément à la réglementation, avec une restauration des sites touchés

XIII.6.6 Mesures relatives à la végétation (milieux boises) :
Pour préserver le milieu boisé, il est impératif de : interdire l'abattage des arbres en dehors des limites du projet, organiser la concertation pour l'écoulement du bois récolté, prévoir un reboisement dans les zones dégradées, et stocker puis réétaler la couche de terre végétale pour favoriser la recolonisation herbacée.

XIII.6.7 Mesures relatives au milieu humain :
Mettre en place des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès pour assurer la sécurité des personnes et des biens

Privilégier un tracé respectueux des populations : Eviter les zones densément peuplées, les lieux sensibles (écoles, hôpitaux) et les sites culturels ou patrimoniaux

Minimiser les nuisances pendant les travaux : Mettre en œuvre des mesures pour limiter le bruit, la poussière et les vibrations pendant les travaux, et respecter des horaires de chantier adaptés.

Mettre en place des mesures de sécurité routière

Installation de clôture de limitation de chantier

XIII.7 MESURES PREVUES DURANT LA PERIODE D'EXPLOITATION :

XIII.7.1 Mesures relatives à la pollution de l'air :

L'Algérie a mis en place des lois contre la pollution de l'air, mais des mesures supplémentaires sont nécessaires pour contrer la pollution autoroutière, telles que l'encouragement des véhicules moins polluants, l'utilisation du GPL et de l'essence sans plomb, ainsi que la végétalisation.

XIII.7.2 Mesures relatives au paysage :

La végétalisation locale peut améliorer l'esthétique des zones altérées et réduire l'érosion. Cela nécessite le choix d'espèces adaptées, un phasage des travaux avec la saison des pluies, et la coordination avec les autorités forestières.

XIII.7.3 Mesures relatives à l'eau:

Afin de garder l'eau propre, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Conserver la végétation à proximité des cours d'eau.
- Stabilisation des berges des Oueds par un gabionnage.
- Mise en place des ouvrages de franchissement (buse, dalot, pont).
- Prévoir des mesures en cas de contamination accidentelle.
- Interdire le ravitaillement de machinerie à proximité des cours d'eau.

XIII.7.4 Mesures de renforcement de la sécurité humaine et de cadre de vie :

Des dispositifs de protection routières doivent être mis en place pour assurer un maximum de sécurité pour les usagers de la route et les riverains, tels que :

- Renforcement de la signalisation et limitation de vitesse aux endroits critiques.
- Mise en place d'un mur de clôtures de protection pour interdire le passage des bétails dans les zones pastorales, et la faune dans les zones forestières.

XIII.8 CONCLUSION :

Les projets routiers peuvent jouer un rôle important dans le développement économique et social d'un pays. Malgré cela Il existe des impacts négatifs significatifs, décrits plus haut, Ils affectent l'aspect environnemental directement, indirectement et de différentes manières Sur la base d'une comparaison des impacts positifs et des impacts négatifs du projet, et en considérant les mesures environnementales et sociales d'accompagnement du projet (qui contribueront à réduire et à compenser globalement les impacts négatifs.) Que maitre d'ouvrage peut mettre en œuvre avec facilité, Au terme de l'analyse environnementale du projet (Autoroutière de l'unité africaine au niveau de la wilaya de Ghardaïa (PK621+00 et PK631+00)), il est conclu que le tracé retenu est acceptable sur le plan environnemental. Les impacts engendrés par le projet seront convenablement atténués si les mesures d'atténuation et de compensation qui y sont proposées, de même que les recommandations incluses au présent rapport, sont appliquées.

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITAIFS ET ESTIMATIFS

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITAIFS ET ESTIMATIFS

XIV.1 INTRODUCTION

Dans tout projet de construction, l'estimation des coûts ainsi que la préparation rigoureuse des documents contractuels représentent des étapes indispensables pour garantir une exécution conforme aux objectifs fixés. À partir des plans et des données techniques disponibles, le contractant établit un marché qui s'inscrit dans le cadre du contrat liant le Maître d'Ouvrage au Maître d'Œuvre.

Parmi les documents essentiels de ce marché figure le **Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)**, également appelé **Métré Quantitatif Estimatif (MQE)**. Ce document fondamental décrit de manière détaillée l'ensemble des travaux à réaliser, en précisant pour chacun les quantités prévues ainsi que les prix unitaires correspondants. Il constitue ainsi un outil clé pour l'évaluation du coût global du projet et joue un rôle déterminant dans la planification budgétaire et le suivi financier durant toute la phase d'exécution.

XIV.2 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Projet : Étude de dédoublement de la Route Nationale n°1 (RN1), entre le carrefour RN1/RN49 et El Ménéa, sur une longueur de 260 km.

57 Tableau XIV.1 : Devis quantitatif et estimatif

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	P U	Montant
I	**PREPARATION DE TERRAIN**				
1	Piste de déviation de trafic en tuf	ML	2 500,00	300,00	750 000,00
2	Décapage de la terre végétale	M^2	273 002,80	200,00	54 600 560,00
3	Démolition de corps de chaussée	M^2	21 300,00	300,00	6 390 000,00
4	Démolition des ouvrages existants	U	4,00	50 000,00	200 000,00
II	**TERRASSEMENT**				
5	Déblai mis en remblai	M^3	49407.13	500,00	24 703 565,00
9	Remblai en provenance d'emprunt	M^3	236029,08	700,00	165 218 256,00
III	**CORPS DE CHAUSSEE**				
10	Couche de forme en TUF, fourniture, transport et mise en œuvre. (ép = 70cm)	M^3	142 800,00	700,00	99 960 000.00

11	Couche de fondation en Sable Gypseux (SG), transport et mise en œuvre. (ép= 30cm)	M^3	47 000,00	30 000,00	141 000 000,00
12	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	M^2	240 000,00	200,00	48 000 000,00
13	Couche de base. (ép=14 cm)	T	65 100,00	10 000,00	651 000 000,00
14	Couche d'accrochage	M^2	235 000,00	150,00	35 250 000,00
15	Couche de roulement en BB, (ép=6 cm)	T	32 600,00	11000,00	358 600 000,00
16	Rechargement des accotements et TPC en TUF, fourniture, transport et mise en œuvre.	M^3	82 933,00	600,00	49 759 800,00
IV	**OUVRAGES HYDRAULIQUES**				
17	Réalisation des ouvrages busés de diamètre Φ 1500 mm	ML	300,00	40 000,00	12 000 000,00
18	Fourniture et pose des cadres préfabriqués dalot (2*2*2) m	U	515,00	150000,00	77 250 000,00
V	**TRAVAUX DE SIGNALISATION**				
19	Réalisation des signalisations horizontale en peinture routière (ligne continu, discontinu et de rive) (flèche et hachure) y compris fourniture	M^2	13 000,00	1 200,00	15 600 000,00
20	Fourniture et pose panneau de signalisation verticale (interdiction, obligation et de danger) 0.80m s	U	100,00	4 000,00	400 000,00
21	Fourniture et pose panneau de signalisation verticale (indication, direction et de localisation) 1.00*1.50m	U	30,00	7 000,00	210 000,00
22	Fourniture et pose panneau de signalisation verticale(point kilométrique) 0.40*0.60m	U	10,00	2 000,00	20 000,00
23	Fourniture et pose panneau balise de virage	U	500,00	1 000,00	500 000,00
24	Fourniture et pose portique 12 m	U	5,00	20000 000,00	100000 000,00
	MONTANT TOTAL EN HT				1 841 412 181.00
	TVA 19%				349 868 314.4

MONTANT TOTAL EN TTC	1 491 543 867.00

XIV.3 CONCLUSION

Le devis quantitatif et estimatif a permis de déterminer le coût global du projet de dédoublement de la RN1 en prenant en compte tous les travaux prévus : préparation du terrain, terrassements, chaussée et ouvrages hydrauliques. Cette estimation financière est importante pour organiser et suivre la réalisation du projet dans de bonnes conditions techniques et économiques

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent Projet de Fin d'Études a porté sur l'étude du dédoublement de la Route Nationale n°1 entre le PK621+000 et le PK631+000, sur un linéaire de 10 km, dans la wilaya de Ghardaïa. Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme de modernisation et de renforcement du réseau routier national visant à améliorer les conditions de circulation et à assurer une meilleure sécurité des usagers.

L'étude réalisée a permis d'analyser l'ensemble des paramètres nécessaires à la conception du projet, notamment les caractéristiques géométriques, le trafic routier, les conditions géologiques et géotechniques, ainsi que les conditions climatiques et environnementales de la région.

L'étude du trafic a montré une augmentation importante du nombre de véhicules, particulièrement les poids lourds, ce qui justifie le dédoublement de la RN1 afin d'augmenter sa capacité et d'améliorer son niveau de service. Les calculs effectués ont permis de déterminer un profil en travers adapté de type (2×2 voies), répondant aux besoins actuels et futurs du trafic.

Concernant le dimensionnement du corps de chaussée, les méthodes utilisées, notamment le catalogue de dimensionnement algérien (CTTP), la méthode CBR et la vérification par le logiciel ALIZÉ-LCPC, ont permis de proposer une structure de chaussée capable de résister aux sollicitations du trafic et aux conditions climatiques sévères de la région saharienne. La structure retenue assure une bonne stabilité mécanique, une durabilité satisfaisante et un confort de circulation adéquat.

Les études géologiques et géotechniques ont montré que la région est caractérisée par des formations sédimentaires du Crétacé supérieur recouvertes par des dépôts quaternaires, avec des sols de portance moyenne nécessitant l'amélioration du sol support par une couche de forme adaptée.

Enfin, ce travail a permis de mettre en pratique les connaissances acquises durant la formation en génie civil et en travaux publics, notamment dans le domaine des infrastructures routières. Il a également permis de comprendre les différentes étapes nécessaires à la conception et au dimensionnement d'un projet routier conforme aux normes techniques en vigueur.

En conclusion, le projet de dédoublement de la RN1 contribuera au développement économique et social de la région de Ghardaïa, tout en assurant une meilleure fluidité du trafic, une réduction des risques d'accidents et une amélioration des échanges entre le nord et le sud du pays.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Normes et guides techniques

1. ICTAAL 2000, Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison, Ministère des Travaux Publics, Algérie.
2. ICTAAL – Échangeurs, Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Échangeurs Autoroutiers.
3. SETRA, Les Échangeurs sur Routes de Type Autoroute, Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, France.
4. SETRA, Assainissement Routier, Guide technique, 2006.
5. Instruction interministérielle sur la signalisation routière, Parties 1 à 9, Ministère des Transports.
6. Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP), Fascicules 1, 2 et 3, Algérie.
7. LCPC–SETRA, Méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées.

Ouvrages et cours pédagogiques

1. Cours de Routes et Autoroutes, Département des Travaux Publics.
2. Cours d'Hydraulique Routière. Cours de Géotechnique Routière.
3. Cours de Topographie et Terrassements. Cours de Dimensionnement des Chaussées.
4. Polycopiés et supports pédagogiques de l'école supérieure des Travaux Publics.

Documents techniques du projet

1. Rapport d'étude hydraulique du projet de dédoublement de la RN1.
2. Rapport d'étude géotechnique du projet.
3. Rapport d'étude d'impact sur l'environnement.
4. Données de comptage et études de trafic de la RN1.
5. Documents techniques fournis par la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Ghardaïa.

Sites internet consultés

1. Wikipédia.
2. Google Scholar.
3. Scribd.
4. Documentation technique Autodesk.
5. Portail officiel du Ministère des Travaux Publics et des Infrastructures de Base.

Logiciels utilisés

1. AUTOCAD 2023.
2. AUTODESK CIVIL 3D 2023.
3. ALIZÉ-LCPC.
4. Microsoft Word.
5. Microsoft Excel

ANNEXE

Annexe 1 : tracé en plan

Client:	**Prepared by:**
Client	Preparer
Client Company	Your Company Name
Address 1	123 Main Street

Date: 25/04/2026 01:12:33

Axe en plan: Axe - (1)

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0+000.00, Fin: 10+000.00

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+000.00	577900.2559	3577873.9173
DR1	ANG=227.1090 (g)	274.032			
			0+274.03	577787.0604	3577624.3573
ARC2	XC=576421.0145				
	YC=3578243.9690				
	R=1500.000	405.024			
			0+679.06	577572.2844	3577282.4194
DR3	ANG=244.2988 (g)	983.177			
			1+662.23	576942.0356	3576527.8183
CLO4	A=346.410				
	R=800.000	150.000			
			1+812.23	576849.5606	3576409.7895
ARC5	XC=577508.8820				
	YC=3575956.6942				
	R=800.000	375.197			
			2+187.43	576715.9576	3576062.8583
CLO6	A=346.410				

	R=800.000	150.000			
			2+337.43	576705.3812	3575913.2903
DR7	ANG=202.5050 (g)	2280.721			
			4+618.15	576615.6632	3573634.3344
ARC8	XC=578114.5022				
	YC=3573575.3281				
	R=1500.000	230.709			
			4+848.86	576624.3170	3573404.0156
DR9	ANG=192.7134 (g)	320.323			
			5+169.18	576660.9005	3573085.7881
CLO10	A=346.410				
	R=1000.000	120.000			
			5+289.18	576672.2169	3572966.3422
ARC11	XC=575673.6994				
	YC=3572911.9110				
	R=1000.000	374.124			
			5+663.31	576623.0399	3572597.6616
CLO12	A=346.410				
	R=1000.000	120.000			
			5+783.31	576580.8112	3572485.3579
DR13	ANG=224.1703 (g)	107.978			
			5+891.28	576540.7936	3572385.0696
CLO14	A=424.264				
	R=1200.000	150.000			
			6+041.28	576488.1254	3572244.6479
ARC15	XC=577628.2732				
	YC=3571870.3978				
	R=1200.000	378.262			
			6+419.55	576428.2754	3571872.7352
CLO16	A=424.264				
	R=1200.000	150.000			
			6+569.55	576434.2308	3571722.8795

DR17	ANG=196.1451 (g)	554.849			
			7+124.39	576467.8075	3571169.0476
CLO18	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			7+224.39	576475.9356	3571069.3959
ARC19	XC=577269.8865				
	YC=3571167.5894				
	R=800.000	312.805			
			7+537.20	576573.2818	3570774.2170
CLO20	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			7+637.20	576626.0287	3570689.2800
DR21	ANG=163.2951 (g)	253.653			
			7+890.85	576764.3055	3570476.6318
ARC22	XC=574261.8500				
	YC=3568849.3822				
	R=2985.000	99.083			
			7+989.94	576816.9314	3570392.6851
DR23	ANG=165.4083 (g)	517.756			
			8+507.69	577084.6212	3569949.4997
CLO24	A=230.217				
	R=530.000	100.000			
			8+607.69	577133.5871	3569862.3537
ARC25	XC=576656.1258				
	YC=3569632.2871				
	R=530.000	608.689			
			9+216.38	577061.6816	3569291.0769
CLO26	A=230.217				
	R=530.000	100.000			
			9+316.38	576992.6473	3569218.7833
DR27	ANG=250.5339 (g)	683.619			
			10+000.00	576505.2192	3568739.4628

Annexe 2 : profil en long

Profil en long : LA LIGNE ROUGE
Description:
Plage d'abscisse : Début: 621+000.00, Fin: 631+000.00
LONGUEUR DE L'AXE : 10000.000m

Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			0+000.00	447.994
D1	PENTE= 1.64%	312.633		
			0+312.63	453.132
PAR1	S= 0+489.49 Z=456.039			
	R= 12500.000	353.710		
			0+666.34	453.941
D2	PENTE= -1.19%	424.803		
			1+091.15	448.903
PAR2	S= 1+215.06 Z=447.433			
	R= 12500.000	247.836		
			1+338.98	448.420
D3	PENTE= 0.80%	497.601		
			1+836.58	452.384
PAR3	S= 2+069.58 Z=454.240			
	R= 50000.000	465.985		
			2+302.57	453.925
D4	PENTE= -0.14%	232.106		

			2+534.67	453.611
PAR4	S= 2+609.57 Z=453.509			
	R= 16700.000	149.784		
			2+684.46	454.080
D5	PENTE= 0.76%	365.390		
			3+049.85	456.862
PAR5	S= 3+128.76 Z=457.463			
	R= 18000.000	157.827		
			3+207.67	458.756
D6	PENTE= 1.64%	314.162		
			3+521.84	463.903
PAR6	S= 3+602.64 Z=465.227			
	R= 7000.000	161.610		
			3+683.45	468.417
D7	PENTE= 3.95%	92.830		
			3+776.28	472.081
PAR7	S= 4+132.13 Z=486.127			
	R= 9000.000	711.716		
			4+487.99	472.032
D8	PENTE= -3.96%	386.137		
			4+874.13	456.737
PAR8	S= 4+944.41 Z=453.953			
	R= 5000.000	140.563		
			5+014.69	453.145
D9	PENTE= -1.15%	377.863		
			5+392.56	448.801

PAR9	S= 5+460.81 Z=448.017			
	R= 20000.000	136.508		
			5+529.06	446.766
D10	PENTE= -1.83%	329.293		
			5+858.36	440.733
PAR10	S= 5+931.83 Z=439.387			
	R= 13000.000	146.942		
			6+005.30	438.871
D11	PENTE= -0.70%	926.951		
			6+932.25	432.366
PAR11	S= 7+009.39 Z=431.825			
	R= 5000.000	154.278		
			7+086.53	433.663
D12	PENTE= 2.38%	34.725		
			7+121.25	434.491
PAR12	S= 7+194.42 Z=436.235			
	R= 5000.000	146.338		
			7+267.59	435.838
D13	PENTE= -0.54%	141.074		
			7+408.67	435.072
PAR13	S= 7+482.11 Z=434.673			
	R= 35000.000	146.883		
			7+555.55	434.583
D14	PENTE= -0.12%	280.925		
			7+836.47	434.236

PAR14	S= 7+939.17 Z=434.109			
	R= 13000.000	205.402		
			8+041.88	432.360
D15	PENTE= -1.70%	243.067		
			8+284.94	428.220
PAR15	S= 8+369.67 Z=426.776			
	R= 7000.000	169.450		
			8+454.39	427.384
D16	PENTE= 0.72%	53.018		
			8+507.41	427.765
PAR16	S= 8+624.96 Z=428.608			
	R= 9000.000	235.093		
			8+742.50	426.380
D17	PENTE= -1.89%	44.425		
			8+786.93	425.539
PAR17	S= 8+867.25 Z=424.017			
	R= 6000.000	160.648		
			8+947.58	424.645
D18	PENTE= 0.78%	637.936		
			9+585.51	429.638
PAR18	S= 9+673.27 Z=430.325			
	R= 5000.000	175.519		
			9+761.03	427.931
D19	PENTE= -2.73%	24.262		
			9+785.29	427.270

PAR19	S= 9+850.00 Z=425.505			
	R= 5000.000	129.417		
			9+914.71	425.414
D20	PENTE= -0.14%	85.291		
			10+000.00	425.296

Annexe 3 : **Rapport Sur Les Volumes**

Rapport sur les volumes

Projet: C:\Users\DELL\Desktop\Trace pfe RN01 2026.dwg

Axe: Axe - (1)
Groupe de tabulations: Groupe de lignes d'échantillonnage-1
Abscisse curviligne de départ: 0+000.000
Abscisse curviligne de fin: 9+999.999

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume 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	5,37	0,00	0,00	19,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+025,000	5.50	135.89	135.89	15.41	430.71	135.89	135.89	430.71	-294.82
0+050,000	4.76	128.33	128.33	14.87	378.54	264.21	264.21	809.25	-545.03
0+075,000	2.64	92.52	92.52	14.61	368.58	356.73	356.73	1177.82	-821.09
0+100.000	6.63	115.89	115.89	6.41	262.85	472.62	472.62	1440.67	-968.05
0+125.000	6.82	168.12	168.12	12.07	231.05	640.74	640.74	1671.72	-1030.98
0+150.000	6.40	165.18	165.18	14.27	329.25	805.92	805.92	2000.97	-1195.05
0+175.000	5.58	149.69	149.69	16.41	383.48	955.61	955.61	2384.45	-1428.85
0+200.000	5.89	143.40	143.40	15.15	394.42	1099.00	1099.00	2778.87	-1679.87
0+225.000	6.89	159.77	159.77	10.15	316.21	1258.77	1258.77	3095.08	-1836.31
0+250.000	6.72	170.15	170.15	3.67	172.72	1428.93	1428.93	3267.80	-1838.87
0+275.000	2.78	118.78	118.78	13.58	215.62	1547.71	1547.71	3483.42	-1935.72
0+300.000	5.10	98.54	98.54	4.21	222.47	1646.24	1646.24	3705.89	-2059.65
0+325.000	3.80	111.24	111.24	12.18	204.89	1757.49	1757.49	3910.78	-2153.30
0+350,000	2,86	83,14	83,14	15,78	349,52	1840,63	1840,63	4260,30	-2419,67
0+375,000	7,60	130,64	130,64	2,75	231,73	1971,27	1971,27	4492,03	-2520,76
0+400,000	8,00	194,99	194,99	6,67	117,81	2166,26	2166,26	4609,84	-2443,58
0+425,000	8,83	210,47	210,47	4,46	139,10	2376,72	2376,72	4748,94	-2372,22
0+450,000	11,97	260,12	260,12	0,63	63,59	2636,84	2636,84	4812,53	-2175,69
0+475,000	11,65	295,32	295,32	0,00	7,87	2932,16	2932,16	4820,40	-1888,24
0+500,000	14,50	326,85	326,85	0,00	0,00	3259,01	3259,01	4820,40	-1561,39
0+525.000	10.96	318.15	318.15	0.04	0.48	3577.16	3577.16	4820.88	-1243.72
0+550.000	1.09	150.51	150.51	0.97	12.66	3727.67	3727.67	4833.54	-1105.86
0+575.000	0.00	13.58	13.58	13.91	186.03	3741.25	3741.25	5019.56	-1278.31
0+600.000	0.00	0.00	0.00	31.47	567.20	3741.25	3741.25	5586.76	-1845.51
0+625.000	0.00	0.00	0.00	22.56	675.33	3741.25	3741.25	6262.09	-2520.84
0+650.000	1.64	20.55	20.55	13.87	455.32	3761.80	3761.80	6717.41	-2955.61
0+675.000	7.28	111.49	111.49	6.27	251.69	3873.29	3873.29	6969.10	-3095.81
0+700.000	6.71	174.83	174.83	3.43	121.16	4048.11	4048.11	7090.26	-3042.15
0+725.000	4.91	145.29	145.29	4.98	105.05	4193.40	4193.40	7195.32	-3001.91
0+750.000	2.04	86.93	86.93	3.33	103.80	4280.34	4280.34	7299.12	-3018.79
0+775.000	3.16	65.01	65.01	11.06	179.78	4345.35	4345.35	7478.90	-3133.56
0+800,000	7,65	135,08	135,08	5,45	206,37	4480,42	4480,42	7685,27	-3204,85
0+825,000	10,85	231,18	231,18	1,37	85,33	4711,60	4711,60	7770,60	-3059,00
0+850,000	15,93	334,75	334,75	2,93	53,78	5046,35	5046,35	7824,39	-2778,04
0+875,000	14,12	375,63	375,63	9,86	159,82	5421,98	5421,98	7984,20	-2562,22

0+900.000	35.30	617.74	617.74	0.00	123.21	6039.72	6039.72	8107.41	-2067.69
0+925.000	67.92	1290.25	1290.25	0.00	0.00	7329.97	7329.97	8107.41	-777.43
0+950.000	64.71	1657.82	1657.82	0.00	0.00	8987.80	8987.80	8107.41	880.39
0+975.000	49.53	1427.96	1427.96	0.00	0.00	10415.76	10415.76	8107.41	2308.35
1+000.000	8.01	719.20	719.20	7.97	99.58	11134.96	11134.96	8206.98	2927.97
1+025.000	0.72	109.08	109.08	13.16	264.03	11244.04	11244.04	8471.02	2773.02
1+050.000	0.02	9.21	9.21	14.18	341.69	11253.25	11253.25	8812.71	2440.54
1+075.000	0.00	0.21	0.21	20.84	437.72	11253.46	11253.46	9250.43	2003.04
1+100.000	0.00	0.00	0.00	30.61	643.16	11253.46	11253.46	9893.58	1359.88
1+125.000	0.00	0.00	0.00	37.80	855.12	11253.46	11253.46	10748.70	504.76
1+150,000	0,00	0,00	0,00	41,33	989,11	11253,46	11253,46	11737,81	-484,35
1+175,000	0,00	0,00	0,00	20,88	777,60	11253,46	11253,46	12515,42	-1261,96
1+200,000	0,30	3,78	3,78	10,20	388,40	11257,24	11257,24	12903,82	-1646,57
1+225,000	0,62	11,51	11,51	8,06	228,20	11268,75	11268,75	13132,02	-1863,27
1+250,000	1,40	25,21	25,21	6,90	186,95	11293,96	11293,96	13318,97	-2025,01
1+275,000	4,79	77,41	77,41	6,14	162,94	11371,37	11371,37	13481,91	-2110,54
1+300,000	11,17	199,61	199,61	0,00	76,73	11570,98	11570,98	13558,65	-1987,67
1+325,000	35,03	577,54	577,54	0,00	0,00	12148,52	12148,52	13558,65	-1410,12
1+350,000	10,17	564,97	564,97	3,72	46,55	12713,50	12713,50	13605,20	-891,71
1+375,000	1,42	144,90	144,90	1,34	63,35	12858,40	12858,40	13668,55	-810,15
1+400,000	0,00	17,79	17,79	9,35	133,73	12876,19	12876,19	13802,28	-926,09
1+425,000	0,00	0,00	0,00	17,65	337,59	12876,19	12876,19	14139,87	-1263,68
1+450,000	0,00	0,00	0,00	23,96	520,18	12876,19	12876,19	14660,05	-1783,85
1+475,000	0,00	0,00	0,00	25,13	613,67	12876,19	12876,19	15273,71	-2397,52
1+500,000	0,00	0,00	0,00	24,21	616,80	12876,19	12876,19	15890,52	-3014,32
1+525,000	0,00	0,00	0,00	23,08	591,15	12876,19	12876,19	16481,67	-3605,47
1+550,000	0,00	0,00	0,00	21,95	562,87	12876,19	12876,19	17044,54	-4168,35
1+575,000	0,00	0,00	0,00	23,43	567,29	12876,19	12876,19	17611,83	-4735,64
1+600,000	0,00	0,00	0,00	29,85	666,01	12876,19	12876,19	18277,84	-5401,65
1+625,000	0,00	0,00	0,00	33,72	794,62	12876,19	12876,19	19072,47	-6196,28
1+650,000	0,00	0,00	0,00	37,66	892,32	12876,19	12876,19	19964,79	-7088,60
1+675,000	0,00	0,00	0,00	48,09	1071,89	12876,19	12876,19	21036,68	-8160,49
1+700,000	0,00	0,00	0,00	51,64	1246,60	12876,19	12876,19	22283,29	-9407,09
1+725,000	0,00	0,00	0,00	46,73	1229,57	12876,19	12876,19	23512,86	-10636,67
1+750,000	0,00	0,00	0,00	51,54	1228,33	12876,19	12876,19	24741,19	-11864,99
1+775,000	0,00	0,00	0,00	61,35	1410,73	12876,19	12876,19	26151,91	-13275,72
1+800,000	0,00	0,00	0,00	79,47	1759,43	12876,19	12876,19	27911,34	-15035,15
1+825,000	0,00	0,00	0,00	79,73	1991,35	12876,19	12876,19	29902,69	-17026,50
1+850,000	0,00	0,00	0,00	79,56	1993,40	12876,19	12876,19	31896,09	-19019,90
1+875,000	0,00	0,00	0,00	99,62	2240,58	12876,19	12876,19	34136,67	-21260,48
1+900,000	0,00	0,00	0,00	94,73	2430,32	12876,19	12876,19	36566,99	-23690,80
1+925,000	0,00	0,00	0,00	80,57	2192,46	12876,19	12876,19	38759,45	-25883,26
1+950,000	0,00	0,00	0,00	80,73	2017,47	12876,19	12876,19	40776,92	-27900,73
1+975,000	0,00	0,00	0,00	81,13	2024,51	12876,19	12876,19	42801,43	-29925,23
2+000,000	0,00	0,00	0,00	91,88	2163,44	12876,19	12876,19	44964,87	-32088,68
2+025,000	0,00	0,00	0,00	97,90	2373,02	12876,19	12876,19	47337,89	-34461,69
2+050,000	0,00	0,00	0,00	70,87	2109,90	12876,19	12876,19	49447,79	-36571,60

2+075.000	0.00	0.00	0.00	60.46	1641.07	12876.19	12876.19	51088.86	-38212.67
2+100.000	0.00	0.00	0.00	72.78	1665.05	12876.19	12876.19	52753.91	-39877.72
2+125.000	0.00	0.00	0.00	86.45	1989.87	12876.19	12876.19	54743.78	-41867.59
2+150.000	0.00	0.00	0.00	110.29	2458.03	12876.19	12876.19	57201.80	-44325.61
2+175.000	0.00	0.00	0.00	101.65	2648.40	12876.19	12876.19	59850.21	-46974.01
2+200.000	0.00	0.00	0.00	102.78	2555.67	12876.19	12876.19	62405.87	-49529.68
2+225.000	0.00	0.00	0.00	95.47	2478.04	12876.19	12876.19	64883.91	-52007.72
2+250.000	0.00	0.00	0.00	75.33	2134.46	12876.19	12876.19	67018.37	-54142.17
2+275.000	0.00	0.00	0.00	67.79	1789.02	12876.19	12876.19	68807.38	-55931.19
2+300.000	0.00	0.00	0.00	61.34	1614.10	12876.19	12876.19	70421.48	-57545.29
2+325,000	0,00	0,00	0,00	53,46	1434,99	12876,19	12876,19	71856,47	-58980,28
2+350,000	0,00	0,00	0,00	44,40	1223,30	12876,19	12876,19	73079,77	-60203,58
2+375,000	0,00	0,00	0,00	39,54	1049,33	12876,19	12876,19	74129,10	-61252,91
2+400,000	0,00	0,00	0,00	37,83	967,15	12876,19	12876,19	75096,25	-62220,06
2+425,000	0,00	0,00	0,00	33,07	886,24	12876,19	12876,19	75982,49	-63106,30
2+450,000	0,00	0,00	0,00	23,46	706,67	12876,19	12876,19	76689,16	-63812,97
2+475,000	0,00	0,00	0,00	21,74	565,01	12876,19	12876,19	77254,17	-64377,98
2+500,000	0,00	0,00	0,00	35,91	720,54	12876,19	12876,19	77974,71	-65098,52
2+525.000	0.00	0.00	0.00	29.64	819.32	12876.19	12876.19	78794.03	-65917.83
2+550.000	0.00	0.00	0.00	27.15	709.90	12876.19	12876.19	79503.93	-66627.74
2+575.000	0.03	0.43	0.43	16.25	542.59	12876.62	12876.62	80046.52	-67169.90
2+600.000	5.57	70.12	70.12	13.98	377.89	12946.74	12946.74	80424.41	-67477.67
2+625.000	7.14	158.92	158.92	12.24	327.71	13105.66	13105.66	80752.12	-67646.46
2+650.000	7.00	176.75	176.75	7.48	246.52	13282.41	13282.41	80998.64	-67716.23
2+675.000	8.47	193.41	193.41	2.34	122.80	13475.83	13475.83	81121.44	-67645.61
2+700.000	6.43	186.31	186.31	0.18	31.50	13662.13	13662.13	81152.93	-67490.80
2+725.000	3.68	126.45	126.45	5.62	72.42	13788.58	13788.58	81225.35	-67436.77
2+750,000	1,77	68,18	68,18	12,41	225,30	13856,76	13856,76	81450,65	-67593,89
2+775.000	1.54	41.45	41.45	13.27	320.94	13898.21	13898.21	81771.59	-67873.38
2+800,000	1,53	38,49	38,49	13,61	336,01	13936,71	13936,71	82107,60	-68170,90
2+825,000	0,60	26,68	26,68	13,16	334,71	13963,39	13963,39	82442,31	-68478,93
2+850,000	0,43	12,87	12,87	11,02	302,27	13976,26	13976,26	82744,59	-68768,33
2+875,000	0,08	6,37	6,37	8,66	246,04	13982,62	13982,62	82990,63	-69008,00
2+900,000	0,43	6,39	6,39	7,34	200,04	13989,01	13989,01	83190,66	-69201,65
2+925,000	1,33	22,01	22,01	6,13	168,32	14011,02	14011,02	83358,98	-69347,96
2+950,000	2,31	45,55	45,55	6,06	152,38	14056,58	14056,58	83511,36	-69454,78
2+975,000	2,68	62,49	62,49	6,99	163,12	14119,07	14119,07	83674,48	-69555,41
3+000.000	3.17	73.15	73.15	5.03	150.17	14192.22	14192.22	83824.65	-69632.43
3+025.000	3.65	85.21	85.21	3.20	102.83	14277.44	14277.44	83927.48	-69650.05
3+050.000	4.15	97.47	97.47	1.37	57.08	14374.90	14374.90	83984.56	-69609.66
3+075.000	4.72	110.81	110.81	0.21	19.68	14485.72	14485.72	84004.24	-69518.52
3+100.000	2.94	95.68	95.68	2.96	39.60	14581.40	14581.40	84043.83	-69462.43
3+125.000	3.54	81.02	81.02	1.93	61.09	14662.43	14662.43	84104.92	-69442.50
3+150.000	3.71	90.64	90.64	1.01	36.71	14753.07	14753.07	84141.63	-69388.56
3+175.000	2.87	82.16	82.16	1.16	27.08	14835.23	14835.23	84168.71	-69333.48
3+200.000	1.85	58.93	58.93	0.93	26.08	14894.15	14894.15	84194.79	-69300.64
3+225.000	0.61	30.66	30.66	3.53	55.79	14924.82	14924.82	84250.58	-69325.76

3+250.000	1.20	22.53	22.53	7.62	139.45	14947.35	14947.35	84390.03	-69442.68
3+275.000	1.69	36.10	36.10	9.68	216.28	14983.45	14983.45	84606.31	-69622.86
3+300.000	2.02	46.33	46.33	8.77	230.66	15029.78	15029.78	84836.97	-69807.19
3+325.000	4.11	76.56	76.56	9.09	223.25	15106.34	15106.34	85060.22	-69953.88
3+350.000	7.02	139.08	139.08	9.55	232.89	15245.42	15245.42	85293.11	-70047.69
3+375.000	7.81	185.41	185.41	10.45	249.91	15430.83	15430.83	85543.02	-70112.18
3+400.000	8.14	199.45	199.45	10.39	260.44	15630.28	15630.28	85803.45	-70173.18
3+425.000	8.55	208.64	208.64	10.80	264.83	15838.92	15838.92	86068.29	-70229.37
3+450.000	5.28	172.87	172.87	13.09	298.63	16011.79	16011.79	86366.92	-70355.13
3+475.000	2.71	99.87	99.87	17.94	387.92	16111.66	16111.66	86754.84	-70643.18
3+500,000	0,01	33,96	33,96	24,04	524,73	16145,62	16145,62	87279,57	-71133,95
3+525,000	0,00	0,08	0,08	33,89	724,13	16145,70	16145,70	88003,71	-71858,01
3+550,000	0,00	0,00	0,00	38,17	900,78	16145,70	16145,70	88904,49	-72758,79
3+575,000	0,00	0,00	0,00	29,43	844,95	16145,70	16145,70	89749,44	-73603,74
3+600,000	0,00	0,00	0,00	24,38	672,65	16145,70	16145,70	90422,09	-74276,39
3+625,000	0,00	0,00	0,00	21,77	576,98	16145,70	16145,70	90999,07	-74853,37
3+650,000	0,00	0,00	0,00	15,25	462,79	16145,70	16145,70	91461,86	-75316,16
3+675,000	0,00	0,01	0,01	16,25	393,76	16145,71	16145,71	91855,61	-75709,90
3+700.000	1.13	14.19	14.19	14.83	388.46	16159.90	16159.90	92244.07	-76084.17
3+725.000	3.19	54.03	54.03	12.13	337.00	16213.93	16213.93	92581.07	-76367.14
3+750.000	2.98	77.10	77.10	11.40	294.19	16291.03	16291.03	92875.26	-76584.23
3+775.000	2.99	74.69	74.69	9.61	262.63	16365.71	16365.71	93137.90	-76772.18
3+800.000	3.53	81.59	81.59	8.80	230.13	16447.30	16447.30	93368.02	-76920.72
3+825.000	1.95	68.57	68.57	11.00	247.45	16515.87	16515.87	93615.48	-77099.60
3+850.000	1.61	44.59	44.59	12.90	298.69	16560.46	16560.46	93914.17	-77353.71
3+875.000	0.25	23.32	23.32	21.94	435.53	16583.78	16583.78	94349.69	-77765.91
3+900.000	0.02	3.37	3.37	28.00	624.33	16587.15	16587.15	94974.02	-78386.87
3+925,000	0,00	0,20	0,20	44,78	909,78	16587,35	16587,35	95883,80	-79296,45
3+950.000	0.00	0.00	0.00	74.79	1494.62	16587.35	16587.35	97378.42	-80791.07
3+975,000	0,05	0,64	0,64	37,75	1406,76	16588,00	16588,00	98785,19	-82197,19
4+000,000	1,31	17,07	17,07	11,83	619,71	16605,07	16605,07	99404,90	-82799,83
4+025,000	1,15	30,86	30,86	9,16	262,34	16635,93	16635,93	99667,23	-83031,31
4+050,000	0,00	14,43	14,43	15,63	309,89	16650,36	16650,36	99977,13	-83326,77
4+075,000	1,74	21,79	21,79	16,38	400,08	16672,15	16672,15	100377,20	-83705,05
4+100,000	15,45	214,97	214,97	3,17	244,33	16887,12	16887,12	100621,53	-83734,41
4+125,000	3,28	234,20	234,20	0,07	40,45	17121,32	17121,32	100661,98	-83540,67
4+150,000	19,12	280,06	280,06	0,00	0,82	17401,38	17401,38	100662,81	-83261,43
4+175,000	32,68	647,55	647,55	0,00	0,00	18048,92	18048,92	100662,81	-82613,88
4+200,000	29,69	779,61	779,61	0,00	0,00	18828,53	18828,53	100662,81	-81834,28
4+225,000	25,36	688,08	688,08	0,01	0,07	19516,61	19516,61	100662,88	-81146,27
4+250,000	19,70	563,28	563,28	5,19	64,92	20079,89	20079,89	100727,80	-80647,91
4+275,000	9,11	360,23	360,23	40,16	566,80	20440,11	20440,11	101294,60	-80854,49
4+300,000	3,65	159,50	159,50	69,54	1371,25	20599,61	20599,61	102665,86	-82066,24
4+325,000	1,12	59,61	59,61	74,66	1802,59	20659,22	20659,22	104468,45	-83809,23
4+350,000	0,20	16,49	16,49	90,72	2067,30	20675,72	20675,72	106535,75	-85860,03
4+375,000	0,00	2,46	2,46	98,03	2359,38	20678,18	20678,18	108895,13	-88216,95
4+400,000	0,00	0,00	0,00	96,72	2434,41	20678,18	20678,18	111329,54	-90651,36

ANNEXE

4+425.000	0.00	0.00	0.00	66.68	2042.58	20678.18	20678.18	113372.12	-92693.94
4+450.000	0.00	0.00	0.00	100.00	2083.53	20678.18	20678.18	115455.65	-94777.47
4+475.000	0.00	0.00	0.00	95.29	2441.12	20678.18	20678.18	117896.77	-97218.59
4+500.000	0.00	0.00	0.00	109.15	2555.50	20678.18	20678.18	120452.27	-99774.10
4+525.000	0.00	0.00	0.00	79.57	2359.00	20678.18	20678.18	122811.27	-102133.09
4+550.000	0.00	0.00	0.00	61.31	1761.01	20678.18	20678.18	124572.28	-103894.10
4+575.000	0.00	0.00	0.00	48.54	1373.18	20678.18	20678.18	125945.46	-105267.28
4+600.000	0.00	0.00	0.00	43.35	1148.71	20678.18	20678.18	127094.17	-106415.99
4+625.000	0.00	0.00	0.00	28.01	892.09	20678.18	20678.18	127986.27	-107308.09
4+650.000	0.48	6.05	6.05	23.30	641.40	20684.23	20684.23	128627.67	-107943.44
4+675,000	1,30	22,31	22,31	35,36	733,27	20706,54	20706,54	129360,94	-108654,40
4+700,000	5,59	86,17	86,17	27,33	783,68	20792,71	20792,71	130144,62	-109351,91
4+725,000	5,25	135,49	135,49	57,02	1054,33	20928,20	20928,20	131198,95	-110270,75
4+750,000	3,25	106,23	106,23	70,62	1595,42	21034,43	21034,43	132794,37	-111759,94
4+775,000	2,55	72,48	72,48	58,91	1619,11	21106,91	21106,91	134413,49	-113306,57
4+800,000	0,01	31,96	31,96	75,54	1680,66	21138,87	21138,87	136094,15	-114955,27
4+825,000	0,00	0,14	0,14	84,44	1999,77	21139,01	21139,01	138093,92	-116954,91
4+850,000	0,00	0,00	0,00	119,99	2555,40	21139,01	21139,01	140649,32	-119510,31
4+875.000	0.00	0.00	0.00	88.15	2601.82	21139.01	21139.01	143251.14	-122112.13
4+900.000	0.00	0.00	0.00	64.04	1902.48	21139.01	21139.01	145153.63	-124014.62
4+925.000	0.00	0.00	0.00	67.26	1641.27	21139.01	21139.01	146794.89	-125655.88
4+950.000	0.00	0.00	0.00	56.47	1546.61	21139.01	21139.01	148341.51	-127202.50
4+975.000	0.00	0.00	0.00	46.92	1292.39	21139.01	21139.01	149633.90	-128494.89
5+000.000	0.00	0.00	0.00	43.43	1129.36	21139.01	21139.01	150763.26	-129624.25
5+025.000	0.00	0.00	0.00	43.90	1091.56	21139.01	21139.01	151854.83	-130715.82
5+050.000	0.00	0.00	0.00	40.12	1050.13	21139.01	21139.01	152904.96	-131765.95
5+075.000	0.46	5.70	5.70	26.32	830.38	21144.71	21144.71	153735.34	-132590.63
5+100,000	5,01	68,32	68,32	41,06	842,19	21213,02	21213,02	154577,53	-133364,50
5+125.000	9.68	183.58	183.58	9.76	635.27	21396.61	21396.61	155212.79	-133816.19
5+150,000	11,10	259,77	259,77	5,03	184,84	21656,37	21656,37	155397,63	-133741,26
5+175,000	16,08	339,86	339,86	8,47	168,67	21996,23	21996,23	155566,30	-133570,06
5+200,000	22,37	480,68	480,68	11,02	243,66	22476,91	22476,91	155809,95	-133333,04
5+225,000	26,35	608,96	608,96	2,01	162,92	23085,88	23085,88	155972,87	-132886,99
5+250,000	24,45	634,95	634,95	0,35	29,54	23720,83	23720,83	156002,41	-132281,58
5+275,000	12,09	453,93	453,93	17,43	223,93	24174,76	24174,76	156226,33	-132051,57
5+300,000	8,82	258,50	258,50	29,01	584,85	24433,26	24433,26	156811,19	-132377,92
5+325,000	5,70	179,43	179,43	32,23	770,82	24612,69	24612,69	157582,00	-132969,31
5+350.000	3.52	113.92	113.92	32.47	814.44	24726.62	24726.62	158396.44	-133669.83
5+375.000	1.24	58.75	58.75	31.17	801.37	24785.36	24785.36	159197.82	-134412.45
5+400.000	0.60	22.73	22.73	34.86	831.43	24808.09	24808.09	160029.24	-135221.15
5+425.000	0.00	7.44	7.44	36.83	902.23	24815.53	24815.53	160931.47	-136115.94
5+450.000	0.12	1.47	1.47	29.61	836.28	24816.99	24816.99	161767.75	-136950.76
5+475.000	0.32	5.38	5.38	29.90	749.10	24822.37	24822.37	162516.86	-137694.49
5+500.000	0.16	5.84	5.84	26.48	708.70	24828.21	24828.21	163225.56	-138397.35
5+525.000	0.00	1.93	1.93	29.58	702.14	24830.14	24830.14	163927.70	-139097.56
5+550.000	0.00	0.00	0.00	37.82	841.88	24830.14	24830.14	164769.58	-139939.44
5+575.000	0.00	0.00	0.00	38.81	956.91	24830.14	24830.14	165726.49	-140896.35

O. SAITI & S. MERDJANI

5+600.000	0.14	1.74	1.74	26.83	821.31	24831.88	24831.88	166547.80	-141715.92
5+625.000	23.28	289.70	289.70	10.12	464.45	25121.58	25121.58	167012.25	-141890.67
5+650.000	49.98	907.37	907.37	5.16	193.19	26028.95	26028.95	167205.44	-141176.49
5+675.000	23.12	906.37	906.37	4.09	117.08	26935.33	26935.33	167322.52	-140387.19
5+700.000	1.89	310.66	310.66	2.00	76.84	27245.99	27245.99	167399.36	-140153.37
5+725.000	1.89	47.25	47.25	5.96	99.50	27293.24	27293.24	167498.86	-140205.62
5+750.000	5.76	95.68	95.68	13.40	241.92	27388.92	27388.92	167740.78	-140351.86
5+775.000	5.12	135.96	135.96	20.54	424.26	27524.88	27524.88	168165.04	-140640.16
5+800.000	2.47	94.87	94.87	26.71	590.68	27619.75	27619.75	168755.72	-141135.97
5+825.000	0.49	37.03	37.03	22.58	616.15	27656.79	27656.79	169371.87	-141715.08
5+850,000	0,00	6,11	6,11	24,14	583,94	27662,89	27662,89	169955,81	-142292,92
5+875,000	0,00	0,00	0,00	25,97	626,34	27662,89	27662,89	170582,15	-142919,26
5+900,000	0,00	0,00	0,00	28,89	685,72	27662,89	27662,89	171267,87	-143604,98
5+925,000	0,00	0,00	0,00	32,98	773,31	27662,89	27662,89	172041,19	-144378,30
5+950,000	0,00	0,00	0,00	38,48	893,26	27662,89	27662,89	172934,45	-145271,56
5+975,000	0,00	0,00	0,00	41,34	997,80	27662,89	27662,89	173932,25	-146269,35
6+000,000	0,00	0,00	0,00	41,96	1041,29	27662,89	27662,89	174973,53	-147310,64
6+025,000	0,00	0,00	0,00	38,34	1003,76	27662,89	27662,89	175977,30	-148314,40
6+050,000	0,00	0,00	0,00	34,67	910,51	27662,89	27662,89	176887,81	-149224,92
6+075,000	0,00	0,00	0,00	29,18	796,40	27662,89	27662,89	177684,21	-150021,32
6+100,000	0,00	0,00	0,00	22,75	648,37	27662,89	27662,89	178332,57	-150669,68
6+125,000	0,00	0,00	0,00	21,34	550,83	27662,89	27662,89	178883,40	-151220,51
6+150,000	0,00	0,00	0,00	23,35	558,28	27662,89	27662,89	179441,68	-151778,79
6+175,000	0,00	0,00	0,00	23,73	587,87	27662,89	27662,89	180029,55	-152366,66
6+200,000	0,00	0,00	0,00	21,12	559,84	27662,89	27662,89	180589,39	-152926,50
6+225,000	0,00	0,00	0,00	9,87	387,00	27662,89	27662,89	180976,39	-153313,50
6+250,000	0,13	1,62	1,62	3,51	167,04	27664,51	27664,51	181143,44	-153478,92
6+275,000	0,00	1,62	1,62	10,16	170,39	27666,13	27666,13	181313,83	-153647,70
6+300,000	0,66	8,37	8,37	10,01	251,30	27674,50	27674,50	181565,13	-153890,63
6+325,000	1,24	24,03	24,03	7,64	219,52	27698,53	27698,53	181784,65	-154086,12
6+350,000	0,66	23,93	23,93	5,62	164,82	27722,45	27722,45	181949,47	-154227,02
6+375,000	11,56	154,48	154,48	4,50	125,73	27876,94	27876,94	182075,20	-154198,26
6+400,000	81,12	1172,17	1172,17	4,28	108,83	29049,11	29049,11	182184,03	-153134,92
6+425,000	0,27	1029,24	1029,24	5,14	116,83	30078,35	30078,35	182300,86	-152222,51
6+450,000	0,00	3,33	3,33	6,20	141,17	30081,68	30081,68	182442,03	-152360,35
6+475,000	0,81	10,16	10,16	6,06	153,26	30091,84	30091,84	182595,29	-152503,45
6+500,000	1,45	28,24	28,24	6,25	153,92	30120,08	30120,08	182749,21	-152629,14
6+525,000	1,09	31,67	31,67	6,33	157,22	30151,75	30151,75	182906,43	-152754,68
6+550,000	1,27	29,43	29,43	5,76	151,07	30181,18	30181,18	183057,50	-152876,32
6+575,000	1,43	33,67	33,67	6,10	148,28	30214,85	30214,85	183205,78	-152990,93
6+600,000	1,43	35,67	35,67	3,67	122,19	30250,52	30250,52	183327,97	-153077,46
6+625,000	1,89	41,40	41,40	2,95	82,82	30291,92	30291,92	183410,79	-153118,87
6+650,000	2,15	50,47	50,47	2,80	71,92	30342,39	30342,39	183482,71	-153140,33
6+675,000	2,46	57,63	57,63	3,00	72,44	30400,02	30400,02	183555,15	-153155,13
6+700,000	1,68	51,69	51,69	4,40	92,44	30451,71	30451,71	183647,59	-153195,88
6+725,000	1,49	39,58	39,58	4,74	114,20	30491,29	30491,29	183761,80	-153270,51
6+750,000	2,92	55,14	55,14	4,50	115,41	30546,43	30546,43	183877,21	-153330,78

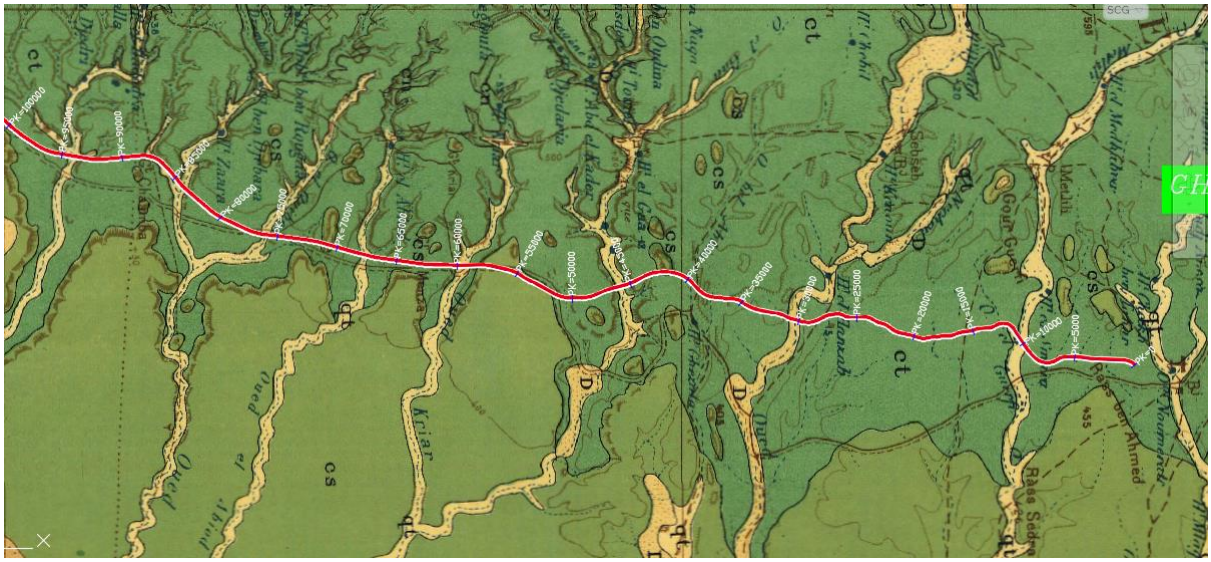
6+775.000	3.65	82.18	82.18	3.05	94.33	30628.61	30628.61	183971.54	-153342.93
6+800.000	3.99	95.55	95.55	1.67	59.03	30724.16	30724.16	184030.57	-153306.41
6+825.000	4.65	108.07	108.07	2.28	49.35	30832.22	30832.22	184079.92	-153247.70
6+850.000	5.73	129.79	129.79	0.89	39.56	30962.01	30962.01	184119.48	-153157.47
6+875.000	7.93	170.79	170.79	0.68	19.64	31132.80	31132.80	184139.12	-153006.32
6+900.000	9.11	213.10	213.10	0.00	8.53	31345.90	31345.90	184147.65	-152801.75
6+925.000	9.21	229.00	229.00	0.00	0.00	31574.89	31574.89	184147.65	-152572.76
6+950.000	12.27	268.49	268.49	0.00	0.00	31843.38	31843.38	184147.65	-152304.27
6+975.000	10.75	287.74	287.74	0.00	0.00	32131.12	32131.12	184147.65	-152016.53
7+000.000	6.20	211.76	211.76	0.00	0.00	32342.89	32342.89	184147.65	-151804.77
7+025,000	0,81	87,61	87,61	3,44	43,05	32430,49	32430,49	184190,70	-151760,21
7+050,000	0,00	10,17	10,17	15,29	234,16	32440,66	32440,66	184424,86	-151984,20
7+075,000	0,00	0,00	0,00	33,05	604,20	32440,66	32440,66	185029,06	-152588,40
7+100,000	0,00	0,00	0,00	49,94	1037,40	32440,66	32440,66	186066,46	-153625,80
7+125,000	0,00	0,00	0,00	70,64	1507,34	32440,66	32440,66	187573,80	-155133,14
7+150,000	0,00	0,00	0,00	95,97	2082,64	32440,66	32440,66	189656,45	-157215,79
7+175,000	0,00	0,00	0,00	120,02	2699,85	32440,66	32440,66	192356,30	-159915,63
7+200,000	0,00	0,00	0,00	131,29	3141,22	32440,66	32440,66	195497,52	-163056,86
7+225.000	0.00	0.00	0.00	130.62	3272.89	32440.66	32440.66	198770.41	-166329.75
7+250.000	0.00	0.00	0.00	116.32	3085.61	32440.66	32440.66	201856.02	-169415.36
7+275.000	0.00	0.00	0.00	96.16	2653.51	32440.66	32440.66	204509.53	-172068.86
7+300.000	0.00	0.00	0.00	73.93	2121.79	32440.66	32440.66	206631.31	-174190.65
7+325.000	0.00	0.00	0.00	51.70	1565.88	32440.66	32440.66	208197.19	-175756.53
7+350.000	0.00	0.00	0.00	46.09	1218.06	32440.66	32440.66	209415.25	-176974.59
7+375.000	0.00	0.00	0.00	33.42	988.33	32440.66	32440.66	210403.59	-177962.93
7+400.000	0.00	0.00	0.00	32.24	815.05	32440.66	32440.66	211218.64	-178777.98
7+425.000	0.00	0.00	0.00	24.96	711.31	32440.66	32440.66	211929.95	-179489.28
7+450,000	0,81	10,23	10,23	17,58	530,03	32450,90	32450,90	212459,98	-180009,08
7+475.000	1.14	24.51	24.51	13.53	388.71	32475.40	32475.40	212848.69	-180373.29
7+500,000	4,26	67,42	67,42	8,65	277,77	32542,83	32542,83	213126,46	-180583,63
7+525,000	1,82	75,89	75,89	6,33	187,92	32618,72	32618,72	213314,38	-180695,66
7+550,000	4,25	75,43	75,43	10,81	215,83	32694,15	32694,15	213530,21	-180836,06
7+575,000	3,18	92,28	92,28	9,89	260,38	32786,43	32786,43	213790,59	-181004,16
7+600,000	4,58	97,05	97,05	9,18	238,31	32883,48	32883,48	214028,91	-181145,43
7+625,000	4,26	110,54	110,54	11,41	257,29	32994,02	32994,02	214286,20	-181292,18
7+650,000	4,50	109,55	109,55	9,15	256,93	33103,58	33103,58	214543,13	-181439,55
7+675,000	4,47	112,12	112,12	7,96	213,90	33215,70	33215,70	214757,03	-181541,33
7+700.000	4.52	112.34	112.34	4.50	155.75	33328.03	33328.03	214912.78	-181584.75
7+725.000	3.90	105.26	105.26	3.83	104.09	33433.29	33433.29	215016.87	-181583.58
7+750.000	4.55	105.66	105.66	1.16	62.37	33538.95	33538.95	215079.24	-181540.30
7+775.000	3.54	101.16	101.16	0.66	22.68	33640.11	33640.11	215101.93	-181461.82
7+800.000	3.62	89.46	89.46	1.29	24.38	33729.56	33729.56	215126.31	-181396.74
7+825.000	4.22	97.98	97.98	0.48	22.14	33827.55	33827.55	215148.44	-181320.89
7+850.000	7.65	148.48	148.48	0.98	18.24	33976.03	33976.03	215166.68	-181190.65
7+875.000	17.31	312.11	312.11	0.35	16.61	34288.14	34288.14	215183.29	-180895.15
7+900.000	17.41	434.10	434.10	4.46	60.05	34722.24	34722.24	215243.34	-180521.10
7+925.000	26.06	543.37	543.37	0.80	65.76	35265.60	35265.60	215309.11	-180043.50

7+950.000	26.92	662.23	662.23	1.08	23.54	35927.83	35927.83	215332.64	-179404.82
7+975.000	46.23	914.43	914.43	0.02	13.76	36842.26	36842.26	215346.40	-178504.14
8+000.000	22.77	862.56	862.56	0.11	1.62	37704.82	37704.82	215348.02	-177643.20
8+025.000	16.02	484.87	484.87	0.84	11.80	38189.69	38189.69	215359.82	-177170.13
8+050.000	12.49	356.28	356.28	0.34	14.67	38545.98	38545.98	215374.50	-176828.52
8+075.000	0.39	161.00	161.00	5.15	68.57	38706.97	38706.97	215443.07	-176736.09
8+100.000	0.00	4.92	4.92	14.32	243.35	38711.90	38711.90	215686.41	-176974.52
8+125.000	0.00	0.00	0.00	23.88	477.49	38711.90	38711.90	216163.90	-177452.00
8+150.000	0.00	0.00	0.00	23.99	598.36	38711.90	38711.90	216762.26	-178050.36
8+175.000	0.00	0.00	0.00	17.05	512.95	38711.90	38711.90	217275.21	-178563.31
8+200,000	0,00	0,00	0,00	15,12	402,08	38711,90	38711,90	217677,29	-178965,39
8+225,000	0,00	0,00	0,00	7,16	278,47	38711,90	38711,90	217955,76	-179243,86
8+250,000	1,07	13,39	13,39	2,12	115,92	38725,28	38725,28	218071,68	-179346,39
8+275,000	3,77	60,48	60,48	0,29	30,12	38785,76	38785,76	218101,79	-179316,03
8+300,000	7,40	139,53	139,53	0,00	3,67	38925,29	38925,29	218105,46	-179180,17
8+325,000	10,39	222,31	222,31	0,00	0,00	39147,60	39147,60	218105,46	-178957,86
8+350,000	12,76	289,37	289,37	0,00	0,00	39436,97	39436,97	218105,46	-178668,49
8+375,000	11,36	301,52	301,52	0,10	1,29	39738,49	39738,49	218106,75	-178368,26
8+400,000	12,69	300,67	300,67	0,00	1,29	40039,16	40039,16	218108,04	-178068,88
8+425,000	8,62	266,35	266,35	0,00	0,00	40305,51	40305,51	218108,04	-177802,53
8+450,000	4,77	167,37	167,37	1,85	23,14	40472,88	40472,88	218131,18	-177658,30
8+475,000	5,32	126,23	126,23	6,72	107,15	40599,11	40599,11	218238,32	-177639,21
8+500,000	3,82	114,36	114,36	12,96	245,97	40713,47	40713,47	218484,29	-177770,82
8+525,000	2,88	83,77	83,77	11,14	301,21	40797,24	40797,24	218785,50	-177988,26
8+550,000	2,88	71,92	71,92	6,58	221,53	40869,15	40869,15	219007,03	-178137,88
8+575,000	5,29	101,60	101,60	5,08	147,04	40970,75	40970,75	219154,07	-178183,32
8+600,000	21,14	326,44	326,44	2,00	90,27	41297,19	41297,19	219244,33	-177947,14
8+625,000	33,05	667,06	667,06	0,00	25,66	41964,25	41964,25	219269,99	-177305,74
8+650,000	20,84	662,97	662,97	0,18	2,32	42627,22	42627,22	219272,31	-176645,09
8+675,000	7,37	346,67	346,67	0,12	3,88	42973,89	42973,89	219276,19	-176302,30
8+700,000	0,00	90,38	90,38	17,70	220,73	43064,28	43064,28	219496,92	-176432,65
8+725,000	0,00	0,00	0,00	41,53	733,93	43064,28	43064,28	220230,86	-177166,58
8+750,000	0,00	0,00	0,00	18,72	746,25	43064,28	43064,28	220977,11	-177912,84
8+775,000	0,00	0,00	0,00	21,64	499,41	43064,28	43064,28	221476,52	-178412,25
8+800,000	0,28	3,51	3,51	12,35	421,40	43067,79	43067,79	221897,92	-178830,14
8+825,000	5,16	68,79	68,79	0,61	161,11	43136,58	43136,58	222059,04	-178922,46
8+850,000	11,90	212,82	212,82	2,34	37,63	43349,40	43349,40	222096,66	-178747,26
8+875.000	12.42	301.11	301.11	0.78	40.03	43650.51	43650.51	222136.69	-178486.18
8+900.000	20.75	411.82	411.82	0.00	10.04	44062.32	44062.32	222146.73	-178084.41
8+925.000	19.27	497.52	497.52	0.00	0.00	44559.84	44559.84	222146.73	-177586.89
8+950.000	11.60	382.24	382.24	0.00	0.03	44942.08	44942.08	222146.76	-177204.68
8+975.000	8.15	242.95	242.95	6.09	77.91	45185.03	45185.03	222224.67	-177039.64
9+000.000	6.57	180.45	180.45	3.78	126.23	45365.48	45365.48	222350.90	-176985.43
9+025.000	5.36	146.48	146.48	0.77	58.28	45511.96	45511.96	222409.18	-176897.23
9+050.000	2.96	102.18	102.18	5.98	86.46	45614.14	45614.14	222495.65	-176881.51
9+075.000	4.86	95.61	95.61	0.99	89.03	45709.75	45709.75	222584.68	-176874.93
9+100.000	4.64	116.67	116.67	2.48	44.35	45826.42	45826.42	222629.03	-176802.61

9+125.000	3.56	101.35	101.35	7.02	121.57	45927.77	45927.77	222750.60	-176822.83
9+150.000	3.63	88.84	88.84	8.32	196.22	46016.61	46016.61	222946.82	-176930.21
9+175.000	2.50	75.18	75.18	6.09	184.36	46091.79	46091.79	223131.18	-177039.39
9+200.000	4.58	86.70	86.70	13.71	252.66	46178.49	46178.49	223383.84	-177205.35
9+225.000	5.06	118.33	118.33	16.83	388.75	46296.82	46296.82	223772.59	-177475.77
9+250.000	4.10	112.81	112.81	16.47	422.18	46409.62	46409.62	224194.76	-177785.14
9+275.000	2.66	83.59	83.59	19.22	450.24	46493.22	46493.22	224645.00	-178151.79
9+300.000	1.16	47.71	47.71	19.33	481.91	46540.92	46540.92	225126.92	-178586.00
9+325.000	0.50	20.69	20.69	18.71	475.55	46561.61	46561.61	225602.46	-179040.85
9+350.000	0.35	10.61	10.61	18.72	467.90	46572.22	46572.22	226070.36	-179498.14
9+375,000	0,00	4,41	4,41	23,19	523,85	46576,63	46576,63	226594,21	-180017,58
9+400,000	0,00	0,00	0,00	30,86	675,57	46576,63	46576,63	227269,78	-180693,15
9+425,000	0,00	0,00	0,00	32,93	797,32	46576,63	46576,63	228067,10	-181490,47
9+450,000	0,00	0,00	0,00	31,40	804,15	46576,63	46576,63	228871,25	-182294,62
9+475,000	0,00	0,00	0,00	22,12	669,05	46576,63	46576,63	229540,30	-182963,67
9+500,000	0,20	2,49	2,49	16,44	482,01	46579,12	46579,12	230022,31	-183443,19
9+525,000	1,22	17,69	17,69	16,45	411,18	46596,81	46596,81	230433,49	-183836,68
9+550,000	1,33	31,82	31,82	11,17	345,26	46628,63	46628,63	230778,75	-184150,13
9+575.000	5.27	82.54	82.54	2.38	169.35	46711.16	46711.16	230948.10	-184236.94
9+600.000	3.92	114.99	114.99	1.55	49.09	46826.15	46826.15	230997.19	-184171.04
9+625.000	1.56	68.61	68.61	0.07	20.25	46894.76	46894.76	231017.44	-184122.68
9+650.000	0.78	29.30	29.30	11.83	148.79	46924.06	46924.06	231166.23	-184242.17
9+675.000	0.00	9.75	9.75	25.66	468.61	46933.81	46933.81	231634.83	-184701.02
9+700.000	0.00	0.00	0.00	23.84	618.75	46933.81	46933.81	232253.58	-185319.77
9+725.000	0.00	0.00	0.00	35.50	741.78	46933.81	46933.81	232995.37	-186061.56
9+750.000	0.00	0.00	0.00	37.73	915.34	46933.81	46933.81	233910.71	-186976.90
9+775.000	0.00	0.00	0.00	33.59	891.43	46933.81	46933.81	234802.14	-187868.33
9+800,000	0,64	7,96	7,96	23,16	709,38	46941,77	46941,77	235511,52	-188569,75
9+825.000	4.33	62.07	62.07	9.00	402.07	47003.84	47003.84	235913.60	-188909.75
9+850,000	9,43	171,97	171,97	0,12	114,02	47175,82	47175,82	236027,62	-188851,80
9+875,000	14,06	293,66	293,66	0,00	1,46	47469,47	47469,47	236029,08	-188559,61
9+900,000	17,60	395,79	395,79	0,00	0,00	47865,27	47865,27	236029,08	-188163,82
9+925,000	16,94	431,70	431,70	0,00	0,00	48296,96	48296,96	236029,08	-187732,12
9+950,000	16,48	417,71	417,71	0,00	0,00	48714,67	48714,67	236029,08	-187314,41
9+975,000	13,33	372,61	372,61	0,00	0,00	49087,28	49087,28	236029,08	-186941,80
9+999,999	12,26	319,84	319,84	0,00	0,00	49407,13	49407,13	236029,08	-186621,95

Annexe 4 : étude hydraulique

Les bassins versants :



Annexe 5 : impacts environnementaux

Les impacts et leurs mesures d'atténuation Phase construction

Composantes environnementales	Sources d'impact	Description de l'impact	Nature	Importance de 'impact	Mesures d'atténuation
Qualité de l'air	Installation du chantier, travaux de terrassement, circulation d'engins et utilisation des différents outils de travail (tronçonneuse, presseuse, soudures…)	Perturbation de la circulation routière au niveau du réseau routier de la zone d'étude et risque d'accident	(-)	Forte	L'humidification conséquente des sites Couvert des camions de transport de matériaux par un bâche étanche
Paysage	Installation de base de vie et des équipements de chantier. Travaux de terrassement qui entrainent la défiguration du paysage par l'apparition des déblais et des remblais	Modification de l'aspect paysager de la zone d'étude	(-)	Moyenne	Elimination des résidus tels que fûts, bidons, détritus. Les matériaux de construction défectueux seront transportés à un entrepôt ou parc de stockage. Traitement paysager par végétalisation
Sols	Travaux de construction	Perturbation de la structure du sol, risque de pollution, érosion, changement de topographie	(-)	Moyenne	Contrôle du déchet, du drainage du site, Décapage préalable

Ressources hydriques	Travaux de construction	Mise en suspension et transport par les eaux de surface de particules fines --risque de pollution des ressources hydriques superficielles et souterraines par le déversement accidentel de produits pétroliers ou autres provenant de la machinerie	(-)	Forte	Interdire le ravitaillement et l'entretien de la machinerie près des cours d'eau Rétablissement des écoulements de surface (buse, dalot, pont)
Agriculture	Expropriation des terrains pour implantation de la route	Diminution de la superficie agricole des communes traversées par la pénétrante autoroutière , pertes de récoltes, compaction du sol	(-)	Forte	Indemnisation des agriculteurs
Faune	Enlèvement du couvert végétal	Perte et perturbations d'habitats fauniques	(-)	Moyenne	Mise en place de passage à faune
Milieu humain (Habitat)	Travaux de construction	Destruction des habitations (expropriation pour cause d'utilité publique)	(-)	Forte	Relogement des familles
Socio-économique	Travaux de construction	Création de l'emploi, et amélioration de l'économie locale	(+)	Forte	

Les impacts et leurs mesures d'atténuation Phase exploitation

Composantes environnementales	Sources d'impact	Description de l'impact	Nature	Importance de 'impact	Mesures d'atténuation
Paysage et aspect esthétique	Mise en service de l'autoroute	Changement de paysage et des aspects esthétiques de la zone d'étude en générale	(-)	Faible	Traitement paysager des sites de déblais, remblais et échangeurs par végétalisation Aménagement des terres Pleins centraux
Faune	Circulation des véhicule	Risques de mortalité liés aux collisions avec les véhicules	(-)	Moyenne	Mise en place d'une barrière (clôture)
Milieu Socio-économique	mise en service de la pénétrante reliant	Amélioration de la sécurité routière Désenclavement des zones traversé Développement du tourisme Ouverture d'un nouvel axe de développement	(+)	Forte	

Avec :

(-) : impact négatif (+) : Impact positif