

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية فرنسيس جانسون



Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Built and Ground Works Engineering
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

**Etude de réalisation de l'évitement Ouest
de la ville de Ténès reliant RN 11-RN 19 en
passant par la localité de Flita sur 12 Km**

Présenté par :

DAHAMNI Redha

GOUASMIA Mohamed Cherif

Encadré par :

Mr. ASSAS Taqiyeddine

Promotion 2025/2026

©ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers **l'Entreprise CHAOUCHE** pour les travaux publics et hydrauliques qui nous a accueillis durant notre stage. Un remerciement spécial à notre encadreur, **Mr. ASSAS Taqiyeddine**, pour son soutien, sa patience et ses connaissances inestimables tout au long de cette expérience enrichissante.

Nous souhaitons également remercier chaleureusement l'ingénieur d'état **Mr. TAREK Bouarouri** pour sa précieuse assistance et les conseils avisés qu'il nous a prodigués, contribuant significativement à notre formation pratique et à l'achèvement de notre mémoire.

Enfin, nous ne saurions conclure sans rendre hommage à tous nos enseignants qui ont joué un rôle crucial dans notre parcours académique.

Leur dévouement et leur engagement envers l'excellence ont grandement facilité notre cheminement et notre compréhension des enjeux de notre domaine. Ces remerciements s'étendent à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de notre projet de fin d'étude .

Dédicace

Ce travail est dédié à ceux qui ont été les piliers de notre existence et de notre éducation. À **nos chers parents**, dont l'amour, le dévouement et le soutien indéfectibles nous ont façonnés et accompagnés à chaque étape de notre vie. Nous vous devons tout.

À **nos frères et sœurs**, ainsi qu'à tous les membres de nos familles respectives, pour leur présence et leur affection constantes.

Nous tenons également à dédier ce mémoire à nos **camarades de promotion**, pour les moments partagés et le soutien mutuel durant nos années d'études.

Enfin, nous dédions ce travail à **nos meilleurs amis**, pour leur amitié véritable, les bons moments passés ensemble et leurs encouragements sans faille dans les moments les plus difficiles.

À vous tous, nous dédions ce travail, en témoignage de notre profonde gratitude.

Résumé

Le projet porte sur la réalisation de l'évitement ouest de Ténès, une route de 12 km reliant la RN 11 à la RN 19 via la localité de Flita. Cette infrastructure vise à désengorger la circulation urbaine et à faciliter l'accès au littoral ouest de la wilaya de Chlef. Le projet est divisé en deux sections : le premier lot couvre l'entrée ouest de Ténès jusqu'au giratoire de Flita, tandis que le second s'étend de Flita à la RN 19, incluant le contournement de Flita. Cette route a chaussées séparées de 2×2 voies, traverse des paysages remarquables et offre une circulation plus fluide, tout en mettant en valeur les atouts touristiques et portuaires de la région. Le plan de travail adopté suit l'ensemble des étapes d'une étude routière complète.

Il commence par la présentation du contexte général, des objectifs du projet et de sa localisation, puis propose une analyse comparative des variantes de tracé ainsi qu'une étude du trafic prévisionnel. Les études techniques détaillent la géotechnique, le dimensionnement de la chaussée, le tracé en plan, les profils en long et en travers, les cubatures réalisées avec le logiciel Covadis, ainsi que la conception des carrefours. Enfin, le projet prend en compte des aspects complémentaires essentiels, tels que l'assainissement, les ouvrages d'art, l'étude d'impact environnemental, la signalisation routière et l'intégration des réseaux existants. Ces éléments garantissent la sécurité, la durabilité et l'intégration harmonieuse de l'infrastructure dans son environnement.

Mots-clés : Évitement ; étude géotechnique ; étude géométrique ; carrefours giratoires.

Abstract

The project concerns the construction of the western bypass of Ténès, a 12 km road connecting RN 11 to RN 19 via the locality of Flita. This infrastructure aims to relieve urban traffic congestion and facilitate access to the western coast of the Chlef province. The project is divided into two sections: the first section covers the western entrance of Ténès up to the Flita roundabout, while the second extends from Flita to RN 19, including the Flita bypass. The 2×2 dual carriageway passes through remarkable landscapes and offers smoother traffic flow while highlighting the region's tourism and port potential. The adopted work plan follows all stages of a comprehensive road study. It begins with the presentation of the general context, project objectives, and location, followed by a comparative analysis of the route alternative and a forecast traffic study. The technical studies detail geotechnical investigations, pavement design, horizontal alignment, longitudinal and cross profiles, earthwork volumes calculated using Covadis software, as well as junction design. Finally, the project addresses essential complementary aspects, such as drainage, civil engineering structures, environmental impact assessment, road signage, and the integration of existing utility networks. These elements ensure the safety, durability, and harmonious integration of the infrastructure into its surrounding environment.

Keywords: Bypass; geotechnical study ; geometric study ; roundabout

الملخص

يشمل المشروع إنشاء الطريق الاجتيابي الغربي لمدينة تنس، وهو طريق بطول 12 كم يصل بين الطريق الوطني رقم 11 والطريق الوطني رقم 19 مروراً بمنطقة فيلثة. تهدف هذه البنية التحتية إلى تخفيف الازدحام المروري في المدينة وتسهيل الوصول إلى الساحل الغربي لولاية الشلف. ينقسم المشروع إلى قسمين: يغطي القسم الأول المدخل الغربي لتنس حتى مفترق الدوران بفيلثة، بينما يمتد القسم الثاني من فيلثة إلى الطريق الوطني رقم 19، متضمناً الطريق الالتفافي لمنطقة فيلثة.

يمر هذا الطريق المزدوج ذو المسارين في كل اتجاه عبر مناظر طبيعية متميزة ويوفر انسيابية أكبر لحركة المرور، مع إبراز الإمكانيات السياحية والمينائية للمنطقة.

يتبع برنامج العمل المعتمد جميع مراحل الدراسة الشاملة للطريق. يبدأ بعرض السياق العام وأهداف المشروع وموقعه، ثم يقدم تحليلاً مقارناً للمسارات المختلفة المقترحة ودراسة توقعات الحركة المرورية. وتفصل الدراسات الفنية الجوانب الجيوتقنية، وتصميم طبقات الطريق، والمسار الأفقي، والمقاطع الطولية والعرضية، وحساب كميات الحفر والردم باستخدام برنامج Covadis، وكذلك تصميم المفترقات الدورانية.

أخيراً، يأخذ المشروع في الاعتبار الجوانب التكميلية الأساسية، مثل الصرف الصحي، والمنشآت الهندسية، ودراسة الأثر البيئي، والإشارات المرورية، ودمج الشبكات المختلفة. تهدف هذه العناصر إلى ضمان السلامة، والاستدامة، والاندماج المتناغم للبنية التحتية مع البيئة المحيطة بها.

الكلمات المفتاحية: طريق اجتيابي؛ دراسة جيوتقنية؛ دراسة هندسية؛ مفترقات دورانية.

Sommaire

Introduction generale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de projet

I.1. INTRODUCTION :	2
I.2. OBJECTIF DU PROJET :	2
I.3. UNE VUE GLOBALE DU PROJET :	3
I. 3.1. Contexte Socio-Économique:	3
I. 3.2. Contexte Urbanistique :	4
I. 3.3. Contexte Environnemental :	5
I.3.3.1. Relief :	5
I. 3.4. Présentation de la commune de tenes:	5
I. 3.4.1. Situation géographique :	5
I.4. PRESENTATION ET LOCALISATION DU PROJET :	6
I.4.1. Contexte et objectif :	6
I.4.2. Localité et tracé :	6
I.5. RAPPEL SUR APS :	7
I.5.1. Caractéristique des variantes:	7
I.5.2. Comparaison des variantes :	8
I.5.3. Synthèse :	8

Chapitre II : Étude du trafic

II.1. INTRODUCTION :	9
II.2. ANALYSE DE TRAFIC :	9
II.2.1. Comptage:	9
II.2.2. Connaissance des flux (enquêtes) :	10
II.3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :	10
II.4. CATEGORIE DE LA ROUTE :	10
II.5. ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE :	11
II.6. CAPACITE THEORIQUE :	12
II.7. Les données de trafic:	13

II.8. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC:	13
II.8.1. Le trafic de l'année de mise en service :	13
II.8.2. Le trafic à l'année horizon :	13
II.8.3. Calcul du trafic effectif :.....	13
II.8.4. Débit de pointe horaire normal :	14
II.8.5. Débit horaire admissible :.....	15
II.8.6. Nombre des voies :.....	15
II.8.7. Tableau récapitulatif :	16
II.8.8. Conclusion :.....	16

Chapitre III : Etude geologique et geotechnique

III.1. INTRODUCTION :	17
III.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE :	17
III.2.1. Situation géographique et cadre morphologique :	17
III.2.2. Cadre géologique régional :	17
III.2.3. Litho-stratigraphie :.....	18
III.2.4. Sismicité :.....	19
III.3. Contexte Géotechnique :	20
III.3.1. Reconnaissance Géotechnique in situ :	20
III.3.1.1. Programme des sondages carottés:	21
III.3.1.2. Reconnaissance par puits ouverts du sol support après terrassement:	24
III.3.2. Essais de laboratoires :	24
III.3.2.1. Essais d'identification physique :	25
III.3.2.1.1 Paramètres d'état :.....	25
III.3.2.1.2 Paramètre de nature:.....	27
III.3.2.2. Essais d'identification mecaniques :	28
III.3.2.2.1. Classification de la portance du sol support :	29
III.3.3. Classification des matériaux selon le GTR :	30
III.3.3.1. Analyse des propriétés des sols :	32
III.3.4. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :	34
III.4. Conclusion :	34

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

IV.1. Introduction :	36
IV.2. Méthodes de dimensionnement :	36
IV.2.1. Méthode CBR:	36
IV.2.1.1 Calcul de l'épaisseur totale :	36
IV.2.1.2 Vérification de la structure par épaisseur équivalente :	37
IV.2.2. La méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves (2001):	39
IV.2.2.1. Données climatiques :	40
IV.2.2.2. Détermination du réseau principal :	41
IV.2.2.3. Détermination de la classe du trafic (TPLi):	41
IV.2.2.4. Calcul du trafic cumulé (TC _i) :	42
IV.2.2.5. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE _i) :	43
IV.2.2.6. Sur classement des sols supports des chaussées :	44
IV.2.2.7. Choix de la structure de chaussée :	44
IV.2.3. Vérification de la structure vis-à-vis de la fatigue :	46
IV.2.3.1. Déformations verticales :	46
IV.2.3.1.1. Calcul des déformations admissibles sur le sol support (ϵ_{zadm}) :	46
IV.2.3.1.2. Calcul des déformations verticales sur le sol support (ϵ_z) :	46
IV.2.3.1.3. Vérification des déformations :	46
IV.2.3.2. Déformations de traction :	47
IV.2.3.2.1 Calcul des déformations admissibles de traction :	47
IV.2.3.2.2 Calcul des déformations de traction :	50
IV.2.3.2.3 Vérification des déformations :	50
IV.3. Conclusion:	50

Chapitre V : Trace en plan

V.1. Introduction :	51
V.2. Recommandations pour la conception du tracé en plan d'une route :	51
V.3. Vitesse de base :	52
V.4. Les éléments constituant le tracé en plan :	52
V.4.1 Les alignements :	53
V.4.2 Arc de cercle:	53
V.4.2.1. Facteurs limitant le choix du rayon des courbes :	53
V.4.2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :	54

V.4.2.3. Rayon minimal normal (RHN) :	54
V.4.2.4. Rayon minimal normal (RHd) :	54
V.4.2.5. Rayon minimal non déversé (RHnD) :	55
V.4.3. Dévers en alignement:	56
V.4.4. Les raccordements progressifs (clothoïdes) :	56
V.4.4.1 Condition de confort optique :	57
V.4.4.2 Condition de confort dynamique :	57
V.4.4.3 Condition de gauchissement :	58
V.4.4.4 La longueur de la clothoïde :	58
V.4.4.5 Paramètre de Clothoïde A :	58
V.4.4.6 Vérification paramètre de clothoïde A :	58
V.5. Conclusion :	59

Chapitre VI : Profil en long

VI.1. Introduction :	59
VI.2. Règles à respecter pour le profil en long d'une route :	59
VI.3. Coordination du tracé en plan et du profil en long :	59
VI.4. Caractéristiques géométriques du profil en long :	60
VI.4.1. Déclivité :	60
VI.4.1.1. Déclivité minimale :	60
VI.4.1.2. Déclivité maximale :	60
VI.4.2. Rayons minimaux :	62
VI.4.2.1. Rayon minimal en angle saillant (convexe) :	62
VI.4.2.2. Rayon minimal en angle rentrant (concave) :	63

Chapitre VII : Profil en travers et cubatures

VII.1. Introduction :	64
VII.2. Définition du profil en travers :	64
VII.3. Types de profils en travers :	64
VII.3.1. Profil en travers type	64
VII.3.2. Profils en travers courants :	65
VII.4. ELEMENTS CONSTITUTIF :	65
VII.4.1. La chaussée :	65
VII.4.2. La largeur roulable :	65
VII.4.4. Assiette :	65

VII.4.5. L'emprise :	65
VII.4.6. Les accotements :	66
VII.4.7. Le terre-plein central :	66
VII.4.8. Fossé :	66
VII.5. Application au projet :	66
VII.6. Calcul des cubatures de terrassement :	67
VII.5.1. Résultats des calculs des cubatures :	67

Chapitre VIII : Conception de carrefour

VIII.1. INTRODUCTION :	68
VIII.2. Types de carrefour :	68
VIII.3. Principes généraux d'aménagement d'un carrefour :	69
VIII.4. Aménagement des carrefours :	69
VIII.4.1. Premier carrefour :	69
VIII.4.2. Deuxième carrefour :	70
VIII.4.3. Troisième carrefour :	71
VIII.4.4. Quatrième carrefour :	71
VIII.4.5. cinquième carrefour :	72

Chapitre IX : Assainissement

IX.1. INTRODUCTION :	74
IX.2. Objectifs de l'assainissement et du drainage :	74
IX.3. Climat et pluviométrie :	74
IX.3.1 Climat :	75
IX.3.1.1 Les températures :	75
IX.3.2 Pluviométrie :	76
IX.3.2.1. Précipitations mensuelles :	77
IX.3.2.2. Précipitations annuelles :	78
IX.3.2.3. Précipitations saisonnières :	79
IX.4. Étude hydrologique :	80
IX.4.1. Caractéristiques Morphométriques des Bassins Versants:	80
IX.4.1.1. Calcul de Surface, longueur, ΔH , pente:	81
IX.4.1.2. Temps de concentration (T_c) :	81
IX.5. Étude Hydraulique :	83
IX.5.1 Le débit du projet du bassin versant :	83

IX.5.1.1. Méthode rationnelle:	83
IX.5.1.1.1 Détermination des Intensités de Pluie :	85
IX.5.1.1.2 Coefficient de ruissellement :	85
IX.5.1.1.3 Période de retour T :	85
IX.5.1.2. Méthode MAC-MATH :	86
IX.5.1.2.1 PLUIE CENTENNALE DE 24 HEURES :	86
IX.5.1.3. Méthode Burklier-Ziegler :	87
IX.5.1.3.1 Calcul de H1h :	88
IX.5.2. Débit adopté :	88
IX.5.2.1 Tableau récapitulatif Q100 :	88
IX.5.3. Prédimensionnement des ouvrages hydraulique :	89
IX.5.3.1. Méthode Delorme :	89
IX.5.3.1.1. Calcul des buses :	90
IX.5.3.1.2. Calcul des dalots :	90
IX.5.3.2. Prédimensionnement des dalots :	90
IX.5.3.3. Prédimensionnement des buses :	91
IX.5.3.4. Vérification des conditions d'auto-curage :	92
IX.5.3.4.1. Vérification des conditions d'auto-curage :	94
IX.5.3.4.2. Vérification des dalots :	95
IX.5.4. Dimensionnement des fossés :	95
IX.5.4.1. Calcul de la surface de sous bassin versant :	95
IX.5.4.2. Débit d'apport :	96
IX.5.4.3. Calcul du débit de saturation (QS) :	96
IX.6. Érosion du fond des cours d'eau :	98
IX.6.1. Systèmes de Protection des Cours d'Eau :	98
IX.7. Conclusion :	99

Chapitre X : Ouvrages De Soutenements

X.1. INTRODUCTION :	100
X.2. PRÉSENTATION DES OUVRAGES ÉTUDIÉ :	100
X.2.1. La paroi clouée :	100
X.2.1.1 Principe de la paroi clouée :	101
X.2.1.2 Caractéristiques des sols :	101
X.2.1.3. Caractéristiques des clous :	102

X.2.1.4. Méthode de vérification de la stabilité :	102
X.2.1.5 Vérification en cas fondamental :	103
X.2.1.6. Vérification en cas sismique :	104
X.2.1.7. Synthèse des résultats :	104
X.2.1.8 Dispositions constructives :	106
X.2.2. Murs de soutènement en BA :	106
X.2.2.1. Prédimensionnement de mur :	106
X.2.2.1.1. Le voile (Paroi verticale) :	107
X.2.2.1.2. La semelle de fondation :	107
X.2.2.1.3. Dispositif de décharge hydrostatique :	107
X.2.2.2. Prédimensionnement pour une hauteur de 8 mètres (H =8,00 m) :	108
X.2.2.2.1. Le voile (Paroi verticale) :	108
X.2.2.2.2. La semelle de foundation :	108
X.3. CONCLUSION :	109

Chapitre XI : Signalisation et éclairage public

XI.1. INTRODUCTION :	110
XI.2. OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION :	110
XI.3. Types de signalisation :	110
XI.3.1. Signalisation horizontale :	110
XI.3.1.1. Marquages Transversaux :	111
XI.3.1.2. Marquages Longitudinaux :	111
XI.3.2. Signalisation verticale :	111
XI.3.2.1. Marquages Complémentaires :	111
XI.3.2.2. Signalisation Avancée :	111
XI.3.2.3. Signalisation de Position :	111
XI.3.2.4. Signalisation de Direction :	111
XI.4. APPLICATION AU PROJET :	112
XI.4.1. Signalisation horizontale adoptée :	112
XI.4.2. Signalisation verticale adoptée :	113
XI.4.3. Signalisation au niveau des carrefours giratoires :	115
XI.5. ENTRETIEN ET MAINTENANCE DE LA SIGNALISATION :	116
XI.6. ECLAIRAGE PUBLIC:	116
XI.6.1. Principe de l'éclairage public :	116

XI.6. CONCLUSION :	117
--------------------	-----

Chapitre XII : L'impact sur l'environnement

XII.1. INTRODUCTION :	118
XII.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT :	118
XII.3. ÉTAT INITIAL ET ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX :	119
XII.4. ÉVALUATION DES EFFETS DU PROJET :	119
XII.4.1. Impacts temporaires liés aux travaux :	120
XII.4.2. Impacts sur la qualité de l'air :	120
XII.4.3. Impacts sur les sols :	121
XII.4.4. Impacts sur les eaux superficielles et souterraines :	121
XII.4.5. Impacts dus au bruit et aux vibrations :	121
XII.4.6. Impacts sur le paysage :	122
XII.4.7. Impacts sur la faune, la flore et les espaces naturels :	122
XII.4.8. Impacts sur les activités agricoles et les accès :	122
XII.4.9. Impacts durables liés à l'exploitation de la route :	122
XII.5. MESURES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS :	123
XII.5.1. Mesures liées à l'organisation du chantier :	123
XII.5.2. Mesures relatives à l'air et aux poussières :	123
XII.5.3. Mesures relatives aux sols et aux talus :	124
XII.5.4. Mesures relatives aux eaux :	124
XII.5.5. Mesures relatives au bruit et à la sécurité :	124
XII.5.6. Mesures relatives à la faune, à la flore et au paysage :	124
XII.6. SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE :	125
XII.7. CONCLUSION :	126

CHAPITRE XIII : DEVIS ESTIMATIF QUANTITATIF :	127
--	------------

CONCLUSION GENERALE :	132
------------------------------	------------

BIBLIOGRAPHY :	133
-----------------------	------------

ANNEXE :	134
-----------------	------------

Listes des figures

Chapitre I : Présentation du projet

Figure I. 1 : Situation géographique de la wilaya de Chlef et localisation de la commune de Tènès au niveau national et régional	4
Figure I. 2 : Présentation du projet	6
Figure I. 3 : Les variantes de tracé 1,2 et 3	7

Chapitre III : Etude geologique et geotechnique

Figure III.1: Extrait de la carte géologique de tenes	18
Figure III.2 : Classification sismique des wilayas d'Algerie	20
Figure III.3 : Paramètres des limites d'Atterberg	28

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

Figure IV . 1 : Structure retenue par la méthode CBR	39
Figure IV . 2 : Démarche générale du catalogue algérien	40
Figure IV . 3 : Cartographie des zones climatiques de l'Algerie	40
Figure IV . 4 : Structure retenue d'après le fascicule 3	45
Figure IV . 5 : Déformation verticale calculée	46
Figure IV . 6 : Déformations de traction calculée	50

Chapitre V : Trace en plan

Figure V . 1 : Éléments constituant le tracé en plan	52
---	----

Chapitre VI : Profil en long

Figure VI . 1 : Éléments constituant le profil en long	60
---	----

Chapitre VII : Profil en travers et cubatures

Figure VII . 1 : Schéma simplifié des éléments d'un profil en travers	66
--	----

Chapitre VIII : Conception de carrefour

Figure VIII . 1 : Types de carrefour	68
Figure VIII . 2 : Vue en plan sur le premier carrefour	70
Figure VIII . 3 : Vue en plan sur le deuxième carrefour	70
Figure VIII . 4 : Vue en plan sur le troisième carrefour	71
Figure VIII . 5 : Vue en plan sur le quatrième carrefour	72
Figure VIII . 6 : Vue en plan sur le cinquième carrefour	72

Chapitre IX : Assainissement

Figure IX. 1 : Variation mensuelle des températures maximale, moyenne et minimale à Chlef	76
Figure IX. 2 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude	78
Figure IX. 3 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude	79
Figure IX. 4 : Comparaison des précipitations saisonnières des stations étudiées	80
Figure IX. 5 : Localisation et délimitation des bassins versants de la zone d'étude	81
Figure IX. 6 : Dispositif d'enrochement et de parafouille au droit d'une buse	92
Figure IX. 7 : Dispositions de parafouille autour d'une buse	93
Figure IX. 8 : La section transversale du fossé.	97
Figure IX. 9 : La section transversale du fossé retenu.	98

Chapitre X : Conception Des Ouvrages De Soutenements

Figure X. 1 : Schéma de principe de la paroi clouée et dimensions principales	105
Figure X. 2 : Surface de rupture critique du talus cloué — cas fondamental	105
Figure X. 3 : Surface de rupture critique du talus cloué — cas sismique	105
Figure X. 4 : Dimensionnement courant d'un mur en béton armé	106

Chapitre XI : Signalisation et éclairage public

Figure XI. 1: Principaux panneaux de signalisation verticale adoptés pour l'évitement Ouest de la ville de Ténès.	114
Figure XI. 2 : Coupe transversale et disposition de l'éclairage public solaire photovoltaïque	117

Listes des tableaux

Chapitre I : Présentation du projet

Tableau I.1 : Caractéristique des variantes	7
Tableau I.2 : Critères de comparaison des variantes	8

Chapitre II : Étude du trafic

Tableau II.1 : L'environnement de la route	11
Tableau II.2 : Capacité théorique	12
Tableau II.3 : Coefficient d'équivalence P	14
Tableau II.4 : Coefficient K1	15
Tableau II.5 : Coefficient K2	15
Tableau II.6 : Tableau récapitulatif	16

Chapitre III : Etude geologique et geotechnique

Tableau III.1 : Les coefficients d'accélération (A)	19
Tableau III.2 : Répartition des sondages carottés	21
Tableau III.3 : Résumé lithologique des sondages carottés	22
Tableau III.4 : Planches photographiques	23
Tableau III.5 : Description lithologique des puits ouverts	24
Tableau III.6 : Récapitulatif des essais d'identification physique et des normes correspondantes	25
Tableau III.7 : Paramètres d'état des échantillons issus des sondages carottés	26
Tableau III.8 : Paramètres de nature des échantillons analysés	27
Tableau III.9 : Interprétation usuelle de l'indice de consistance	28
Tableau III.10 : Caractéristiques mécaniques des différents sols	29
Tableau III.11 : Classification de la portance du sol support en fonction de l'indice CBR	29
Tableau III.12 : Classes de portance retenues des sols rencontrés à partir des valeurs de l'indice CBR	30
Tableau III.13 : Classification des matériaux selon le GTR	31
Tableau III. 14 : Synthèse des sous-classes identifiées dans le projet	32

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

Tableau IV.1 : Coefficients d'équivalence retenus	37
Tableau IV.2 : Domaines usuels des épaisseurs	37
Tableau IV.3 : Structure adoptée	38
Tableau IV.4 : Températures équivalentes par zone climatique	41
Tableau IV.5 : Classification du réseau principal	41
Tableau IV.6 : Classes de trafic TPLi pour le réseau principal RP1	42
Tableau IV.7 : Valeurs de A	43
Tableau IV.8 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité	44
Tableau IV.9 : Structure de chaussée d'après le catalogue algérien	44
Tableau IV.10 : Paramètres de la formule de déformation de traction	47
Tableau IV.11 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux	48
Tableau IV.12 : Risques adoptés pour RP1	49
Tableau IV.13 : Valeurs de t en fonction de r	49

Chapitre V : Trace en plan

Tableau V . 1 : Longueurs limites des alignements droits	53
Tableau V . 2 : Valeurs des dévers minimaux et maximaux	55
Tableau V . 3 : Coefficients de frottement transversal en fonction de la vitesse	55
Tableau V . 4 : Rayons minimaux retenus pour le tracé en plan	56

Chapitre VI : Profil en long

Tableau VI . 1 : Valeurs de la déclivité maximale	61
Tableau VI . 2 : Rayons en angle saillant	62
Tableau VI . 3 : Rayons en angle rentrant	63

Chapitre VII : Profil en travers et cubatures

Tableau VII . 1 : les dimensions des éléments de profil en travers	66
Tableau VII . 2 : Récapitulatif des volumes de terrassement	67

Chapitre VIII : Conception de carrefour

Tableau VIII . 1 : Paramètres principaux du carrefour giratoire	73
Tableau VIII . 2 : Paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie	73
Tableau VIII . 3 : Paramètres de construction des îlots séparateurs	73

Chapitre IX : Assainissement

Tableau IX. 1 : Températures moyennes mensuelles de la région de Chlef	76
Tableau IX. 2 : Précipitations moyennes mensuelles des stations étudiées	77
Tableau IX. 3 : Synthèse des caractéristiques pluviométriques des stations étudiées	78
Tableau IX. 4 : Répartition saisonnière des précipitations des stations étudiées	79
Tableau IX. 5 : Temps de concentration calculés selon les différentes formules	83
Tableau IX. 6 : Débits de projet calculés par la formule rationnelle	84
Tableau IX. 7 : Paramètres de Montana retenus pour le calcul des intensités de pluie	85
Tableau IX. 8 : Débits de projet calculés par la formule de Mac-Math	86
Tableau IX. 9 : Débits de projet calculés par la formule de Burkli-Ziegler	87
Tableau IX. 10 : Tableau récapitulatif des débits de projet calculés	88
Tableau IX. 11 : Choix des formules de calcul en fonction de la superficie des bassins versants	89
Tableau IX. 12 : Débits critiques des buses retenues	90
Tableau IX. 13 : Débits critiques des dalots retenus	90
Tableau IX. 14 : Prédimensionnement des dalots retenus	91
Tableau IX. 15 : Prédimensionnement des buses retenues	91
Tableau IX. 16 : Vérification hydraulique et conditions d'auto-curage des dalots retenus	94
Tableau IX. 17 : Vérification hydraulique et conditions d'auto-curage des buses retenues	95
Tableau IX. 18 : Répartition des surfaces élémentaires du sous-bassin versant	96
Tableau IX. 19 : Paramètres hydrologiques du sous-bassin versant global	96
Tableau IX. 20 : Débit d'apport des éléments de plateforme.	96
Tableau IX. 21 : La section transversale du fossé retenu.	97

Chapitre X : Conception des ouvrages de soutènements

Tableau X. 1 : Données générales du talus et de la solution retenue	101
Tableau X. 2 : Paramètres géotechniques introduits dans GEO5	101
Tableau X. 3 : Caractéristiques géométriques et mécaniques des clous	102
Tableau X. 4 : Résumé des caractéristiques de résistance des clous	102
Tableau X. 5 : Résultats de la vérification en cas fondamental	103
Tableau X. 6 : Résultats de la vérification en cas sismique	104
Tableau X. 7 : Synthèse des vérifications de stabilité	105

Chapitre XI : Signalisation et éclairage public

Tableau XI. 1 : Caractéristiques des principaux types de marques	112
Tableau XI. 2 : Caractéristiques des lignes discontinues	113
Tableau XI. 3 : Principaux panneaux de signalisation verticale adoptés	114
Tableau XI. 4 : Application de la signalisation aux carrefours giratoires	115

Chapitre XII : L'impact sur l'environnement

Tableau XII. 1: Principaux enjeux environnementaux de la zone d'étude	119
Tableau XII. 2 : Impacts temporaires liés à la phase de travaux	120
Tableau XII. 3 : Synthèse des impacts durables liés à l'exploitation	123
Tableau XII. 4 : Mesures d'atténuation proposées	125
Tableau XII. 5 : Synthèse de l'importance des impacts après mesures	125

NOMMENCLATURE

- **AG** : Arène Granitique
- **BB** : Béton Bitumineux
- **BCg** : Bitume De Ciment Goujonné
- **BDU** : Bande D'arrêt D'urgence
- **BDG** : Bande Dérasé Gauche
- **BDD** : Bande Dérasé Droite
- **BM** : Bande Médiane
- **B40** : Norme Techniques D'aménagements Des Routes
- **CC** : Chemin Communaux
- **Cth** : Capacité Théorique.
- **CTTP** : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics
- **CW** : Chemin Du Wilaya
- **DPSB** : Direction de la Préparation et du Suivi du Budget.
- **PDAU** : Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.
- **DTP** : Direction des Travaux Public
- **dMd** : Distance De Visibilité De Manœuvre De Dépassement
- **dm** : Distance De Visibilité De Dépassement Minimale
- **dn** : Distance De Visibilité De Dépassement Normale
- **ES** : Enduit Superficiel
- **EF** : Enrobé Froid
- **fl** : Frottement Longitudinal
- **ft** : Frottement Transversal
- **GB** : Grave Bitume
- **GC** : Grave Concassée
- **GL** : Grave Laitier
- **GNT** : Grave non traitée
- **GBA** : Glissière En Béton Adhérent, Dispositif De Retenue Routier

- **PK** : Point Kilométrique
- **PL** : Poids Lourd (Véhicule De Plus De 3.5tonnes De TPAC)
- **Pjmoy** : Pluie Journalière Moyenne
- **RP1** : Réseau Principal De Niveau 01
- **RP2** : Réseau Principal De Niveau 02
- **RN** : Route National
- **RHM** : Rayon Horizontal Minimal Absolu
- **RHN** : Rayon Minimal Normal
- **RHd** : Rayon Au Dévers Minimal
- **RHnd** : Rayon Minimal Non Déversé
- **Rv** : Rayon Vertical (M)
- **SG** : Sable Gypseux
- **SB** : Sable Bitume
- **Teff** : Trafic Effectif
- **TUF** : Tuf Calcaire
- **TPLi** : Classe De Trafic En Essieux Equivalent De 13 Tonnes
- **TCEi** : Trafic Cumulé En Essieux Equivalents De 13 Tonnes.
- **TPC** : Terre-plein Central
- **TJMA** : Trafic Journalier Moyen Annuel
- **Vb** : Vitesse De Base (Km/h)

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, il est unanimement reconnu que les infrastructures routières constituent le poumon de l'économie nationale. En Algérie, la route joue un rôle stratégique majeur : elle est non seulement un moteur du développement socio-économique, mais également un outil permettant à l'État de garantir l'équité entre les différentes populations et de faciliter le désenclavement des territoires.

Le patrimoine routier national, constitué de plus de 115 000 km de routes et de plus de 9 000 ouvrages d'art, assure près de 90 % du transport de marchandises et de voyageurs. Cette situation confère une importance particulière à la modernisation, à l'entretien et à la sécurisation des routes. La politique de préservation et de développement du réseau, menée par le secteur des travaux publics, vise à offrir un service efficace, sûr et durable pour l'ensemble des citoyens.

Dans ce contexte, il est pertinent d'examiner l'état du réseau routier dans la wilaya de Chlef, afin d'identifier les besoins locaux et les axes nécessitant une modernisation. Le réseau national y comprend plusieurs routes stratégiques :

- RN4 : 55,8 km, avec 32 km déjà dédoublés (Oued Fodda – Chlef et Chlef – Oued Sly) ;
- RN11 : 122,9 km, aucun tronçon dédoublé à ce jour ;
- RN19 : 85,8 km, avec 32 km dédoublés (Ouled Fares – Chlef) ;
- RN19A : 40 km, aucun tronçon dédoublé.

Si certaines portions bénéficient déjà d'un doublement, plusieurs tronçons restent à moderniser pour répondre à l'augmentation du trafic, particulièrement aux périodes de forte affluence estivale.

Le projet de l'évitement ouest de la ville côtière de Ténès, d'une longueur totale de 12 km, constitue une réponse directe à cette problématique. Divisé en deux lots, il vise à contourner la commune de Sidi Akkacha, à traverser le mont de Flita et à rejoindre la RN11 du littoral.

Cette nouvelle infrastructure à double sens facilitera l'accès aux localités côtières ouest et à la ville de Ténès, tout en désengorgeant la RN19, souvent saturée. L'évitement ouest contribuera ainsi à améliorer la fluidité du trafic, la sécurité routière et l'accès au littoral de la région de Chlef.

CHAPITRE I
PRESENTATION DE PROJET

I.1. INTRODUCTION :

Le projet de l'évitement ouest de la ville de Ténès, d'une longueur totale de 12 km, répond à une problématique de congestion urbaine croissante et de fluidification du trafic dans cette zone stratégique. Cette nouvelle infrastructure, divisée en deux lots distincts, vise à contourner la commune de Sidi Akkacha, traverser le mont de Flita et relier directement la RN11, offrant ainsi une alternative moderne et sécurisée pour les usagers. En plus de désengorger la route nationale RN19, souvent saturée, ce projet soutiendra le développement économique et touristique de la région, tout en facilitant l'accès aux zones côtières et au port de Ténès. La finalisation du projet, prévue en 2026, apportera des améliorations notables en termes de mobilité, de sécurité routière et de connectivité régionale, consolidant ainsi la place stratégique de Ténès dans le réseau de transport national.

I.2. OBJECTIF DU PROJET :

Ce projet, attendu depuis longtemps, contribuera à :

a) Désengorgement et fluidification du trafic :

- **Contournement urbain :** Éviter le centre-ville de Sidi Akkacha et la zone côtière de Ténès pour supprimer les points de blocage.
- **Réduction des nuisances :** Éliminer les désagréments liés à une circulation lente et "bloquante".
- **Optimisation du temps :** Réduire significativement le temps de parcours pour les usagers de la RN19.

b) Développement économique et industriel :

- **Soutien à l'industrie :** Assurer un raccordement direct au pôle industriel (notamment la cimenterie) et aux PME de la région.
- **Interface portuaire :** Faciliter l'accès au port de Ténès et anticiper la connexion avec le futur grand port d'El Hamdania.
- **Logistique aérienne :** Créer un lien rapide vers l'Aéroport Aboubakr Belkaid pour le flux international.

c) Promotion du tourisme et accès au littoral :

- **Valorisation de la côte :** Faciliter l'accès aux 130 km de littoral de la wilaya de Chlef.

- **Confort des estivants** : Améliorer l'accessibilité aux stations balnéaires, tant pour la wilaya de Chlef que pour celle de Tipaza.
- **Saisonnalité** : Répondre spécifiquement à la forte demande de circulation durant la période estivale.

d) Connectivité régionale et nationale :

- **Carrefour stratégique** : Renforcer le rôle de Chlef comme point de jonction entre le centre et l'ouest du pays.
- **Liaison vers la capitale** : Améliorer les connexions vers l'Est, notamment en direction d'Alger.
- **Interconnexion des réseaux** : Relier la RN19 à la RN11 du littoral via le mont de Flita.

I.3. UNE VUE GLOBALE DU PROJET :

I. 3.1. Contexte Socio-Économique:

Ténès est l'une des communes importantes de la wilaya de Chlef, notamment en raison de sa position stratégique sur le littoral méditerranéen. Selon les données statistiques disponibles (source : directions locales de la planification et des statistiques), la population de la commune est estimée à environ 40 000 à 50 000 habitants.

La commune de Ténès présente une densité de population relativement modérée comparée aux grands centres urbains de la wilaya, en raison de l'étendue de son territoire et de la présence de zones naturelles et agricoles. Elle couvre une superficie importante caractérisée par une diversité de paysages, incluant le littoral, les zones montagneuses et les espaces ruraux. La population est principalement concentrée au niveau du chef-lieu de la commune, qui constitue le centre administratif, économique et commercial. Le reste des habitants est réparti dans les zones périphériques, notamment dans les agglomérations secondaires et les zones rurales environnantes. Par ailleurs, la ville de Ténès connaît une dynamique urbaine liée à son activité portuaire, touristique et commerciale. Sa façade maritime et son port en font un pôle d'attractivité régional, favorisant le développement des services, du commerce et des activités liées à la pêche.

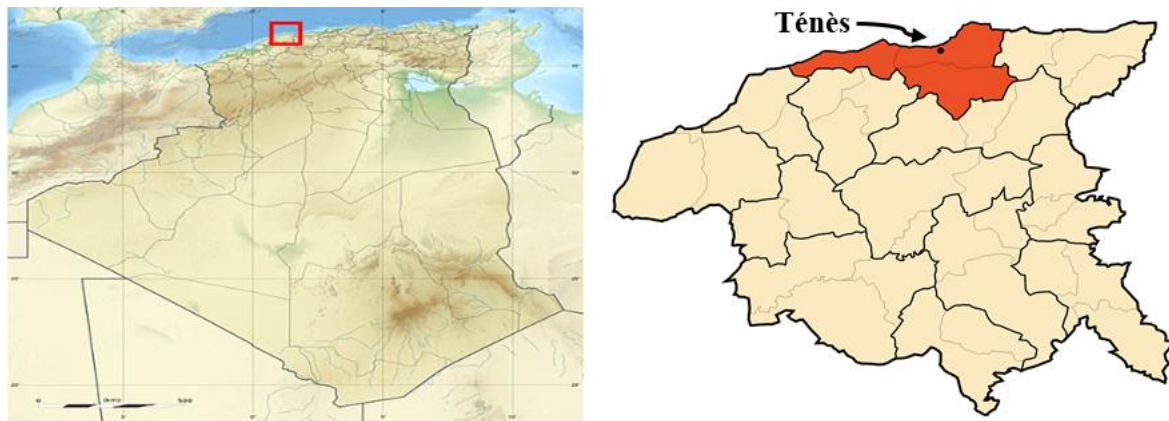


Figure I. 1 : Situation géographique de la wilaya de Chlef et localisation de la commune de Ténès au niveau national et régional

I. 3.2. Contexte Urbanistique :

Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) de la ville de Ténès a fait l'objet d'une actualisation récente, marquant l'aboutissement de plusieurs mois d'études menées par l'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT). Ce nouveau PDAU a élargi le périmètre urbain de la ville en intégrant des zones d'appui et de soutien, notamment les localités de Mainis et de Sidi Abderrahmane, désormais considérées comme faisant partie du « Grand Ténès ». Cette orientation s'inscrit dans une stratégie visant à faire de Ténès un pôle urbain majeur du littoral, situé entre Alger et Oran, à l'horizon 2029.

Dans cette perspective, plusieurs projets structurants ont été programmés, tels que le dédoublement de la liaison routière entre Ténès et Chlef, la modernisation de l'axe Ténès–Tipaza, ainsi que l'extension du port commercial et de pêche. Ces aménagements visent à renforcer l'attractivité de la ville et à soutenir son développement économique.

Par ailleurs, le PDAU actualisé met en évidence d'importantes disponibilités foncières destinées à accueillir de nouveaux équipements urbains. Parmi les projets envisagés figurent la réalisation de programmes de logements (environ 5 000 unités), la création d'un pôle universitaire, ainsi que la mise en place d'infrastructures touristiques et sanitaires.

Les assiettes foncières réservées à ces projets sont principalement situées aux entrées est et ouest de la ville, le long des axes routiers principaux. Elles ont été intégrées dans les réserves foncières

urbaines afin d'assurer une organisation cohérente et durable du développement urbain. Ainsi, ces orientations constituent des éléments déterminants pour la planification urbaine et le choix des tracés des futurs projets d'aménagement.

I. 3.3. Contexte Environnemental :

I.3.3.1. Relief :

Le relief est largement dominé par les monts de Dahra, situés au nord de la wilaya, où les zones montagneuses couvrent près de 65 % du territoire. Les pentes y sont généralement supérieures à 25 %, ce qui accentue la sensibilité aux phénomènes d'érosion et impose des contraintes importantes pour l'aménagement de l'espace local.

Le reste du territoire de la wilaya, en particulier la région située entre les monts de Dahra et de l'Ouarsenis, correspond à la vallée de Chlef. Cette dernière constitue une vaste plaine, dont la configuration est plus ou moins accidentée, destinée principalement à des activités agricoles

I. 3.4. Présentation de la commune de Ténès:

I. 3.4.1. Situation géographique :

La ville de Ténès occupe une position stratégique sur le littoral méditerranéen, en tant que point de passage entre plusieurs grandes régions du pays. Elle est desservie par des axes routiers majeurs, notamment :

- La route nationale n° 19 reliant Ténès à la wilaya de Tissemsilt
- La route nationale n° 11 reliant Alger Ouest à Oran (à proximité)
- L'autoroute Est-Ouest, qui assure la liaison entre Tlemcen et Alger, facilitant l'accès à Ténès

Géographiquement, Ténès est limitée :

- Au nord par la mer Méditerranée
- À l'Ouest par la wilaya de Mostaganem
- À l'Est par la wilaya de Chlef
- Au sud par la chaîne montagneuse de la Dahra

La zone géographique étudiée dans le cadre de notre travail est limitée administrativement par les communes de Sidi Akkaca et de Ténès. Le tracé de l'étude suit la chaîne montagneuse de la Dahra.

I.4. PRESENTATION ET LOCALISATION DU PROJET :

I.4.1. Contexte et objectif :

Le projet concerne la réalisation de l'évitement ouest de la ville côtière de Ténès, visant à désengorger le trafic urbain et à faciliter l'accès aux localités côtières ouest de la wilaya de Chlef. D'une longueur globale de 12 km, la voie sera à double sens et se déroulera dans un environnement naturel privilégié, offrant une vue exceptionnelle sur la mer et traversant une magnifique forêt à l'ouest de Ténès.

L'axe existant, la RN19, passant par les gorges de l'oued Allala, est aujourd'hui fortement congestionné, en particulier durant la période estivale, rendant ce nouvel itinéraire indispensable.

I.4.2. Localité et tracé :

Le projet se situe à l'ouest de Ténès et relie deux routes nationales : RN11 et RN19. Il est divisé en deux lots :

- **Lot 1** : De l'entrée ouest de Oued El Gssab RN11 (PK 12+000) jusqu'au giratoire d'entrée de la localité de Flitta côté ouest (PK 06+00).
- **Lot 2** : Du giratoire de Flitta côté ouest (PK 06+00) jusqu'à la RN19 PK 00+00, incluant le contournement de Flitta.



Figure I. 2 : Présentation du projet

I.5. RAPPEL SUR APS :

I.5.1. Caractéristique des variantes:

Les différentes caractéristiques des variantes de tracé de l'évitement sont données dans le tableau suivant :

Tableau I.1 : Caractéristique des variantes

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Début du projet	RN 19 PK 000+000	RN 19 PK 000+000	RN 19 PK 000+000
Fin du projet	RN 11 PK 010+000	RN 11 PK 012+000	RN 11 PK 009+000
Linéaire (Km)	10	12	09
Carrefours Plans(u)	03	05	03

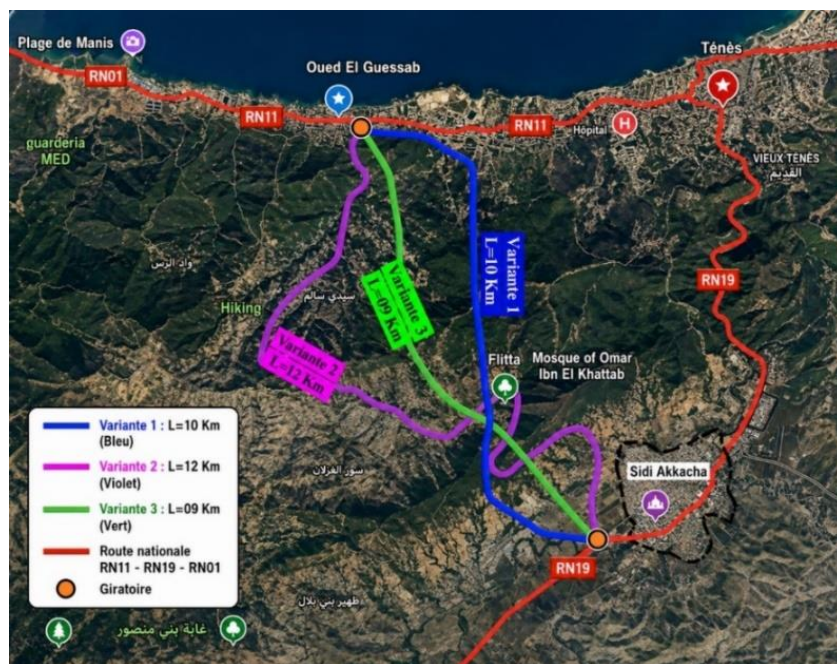


Figure I.3 : Les variantes de tracé 1,2 et 3

I.5.2. Comparaison des variantes :

Les critères ont été pondérés selon leur influence sur le projet comme suit :

Tableau I.2 : Critères de comparaison des variantes

Critère	Variante 1 (bleu)	Variante 2 (violet)	Variante 3 (vert)
Longueur	10 km	12 km	9 km
Coût de réalisation	Plus élevé	Modérée	Elevée
Difficulté technique	Elevée	Modérée	Plus élevé
Contraintes géotechniques	Elevées	Modérées	Elevées
Impact environnemental	Elevées	Faible	Modéré
Accessibilité du littoral	Bonne	Moyenne	Faible
Desserte des localités	Moyenne	Bonne	Faible
Impact sur le tissu urbain	Elevées	Faible	Faible
Impact sur l'agriculture	Elevées	Modéré	Elevées
Temps de parcours	Court	Moyen	Court
Attractivité touristique	Modéré	Elevées	Elevées
Sécurité routière	Bonne	Très bonne	Moyenne
Adaptation au trafic	Faible	Excellente	Modérée
Score total (sur 36)	19 Points	30 Points	20 Points
Taux de satisfaction (%)	52 %	83 %	55 %
Classement final	3 ^{ème} position	1 ^{ère} position	2 ^{ème} position

I.5.3. Synthèse :

Afin d'objectiver notre choix, une analyse multicritère a été réalisée. La Variante 2 (12 km) s'impose nettement en première position avec un score de 30 points sur 36, soit un taux de satisfaction de 83 %, devançant largement les variantes 3 (55 %) et 1 (52 %).

Ce résultat confirme que cette variante offre le meilleur équilibre global : bien qu'elle soit légèrement plus longue, elle garantit une excellente adaptation au trafic, une sécurité routière optimale et un faible impact environnemental. De plus, elle minimise les contraintes géotechniques tout en favorisant le développement urbain et touristique de la région.

Par conséquent, c'est la Variante 2 qui est définitivement retenue pour la suite de l'étude d'avant-projet sommaire (APS).

CHAPITRE II

ÉTUDE DU TRAFIC

II.1. INTRODUCTION :

L'étude du trafic joue un rôle fondamental dans la planification et la conception des infrastructures routières. Elle permet d'apprécier l'importance des flux de circulation, de préciser les besoins en capacité et d'orienter les choix de conception, notamment en matière de profil en travers, de nombre de voies et de dimensionnement du corps de chaussée.

Dans le cas du projet de réalisation de l'évitement ouest de la ville de Ténès, reliant la RN11 à la RN19 par la localité de Flita, cette étude vise à définir les paramètres de base nécessaires à l'exploitation du trafic futur. L'analyse est conduite en s'appuyant sur les principes de la norme B40, utilisée comme référence pour le traitement des données de circulation, l'appréciation de la part des poids lourds et la détermination des hypothèses de dimensionnement.

II.2. ANALYSE DE TRAFIC :

L'analyse de trafic constitue une étape essentielle pour apprécier les conditions de circulation actuelles et futures sur l'itinéraire étudié. Elle permet d'estimer le volume des véhicules, d'identifier la part des poids lourds et de fournir les paramètres nécessaires au choix de la catégorie de la route, de son environnement et de sa capacité théorique.

Dans le cadre de ce projet, l'analyse est basée sur deux familles d'informations complémentaires : le comptage du trafic et la connaissance des flux de déplacement. Ces deux approches permettent de passer d'une simple valeur de trafic à une lecture plus complète du fonctionnement de la route.

II.2.1. Comptage:

Le comptage a pour objectif de mesurer le volume de circulation et sa composition. Il constitue l'outil de base de l'étude de trafic, car il permet de quantifier le nombre de véhicules empruntant l'itinéraire et de distinguer les différentes catégories d'usagers, notamment les véhicules légers, les poids lourds et les transports collectifs.

- **Comptage automatique** : il est réalisé à l'aide d'équipements de mesure installés sur des points stratégiques du réseau. Il permet d'obtenir des données continues sur la fréquentation de la route et d'apprécier les variations journalières ou horaires du trafic.
- **Comptage manuel** : il est effectué par observation directe. Il permet d'affiner l'analyse, notamment pour identifier la composition du trafic, la proportion des poids lourds et

les mouvements particuliers au voisinage des carrefours ou des zones d'échange.

II.2.2. Connaissance des flux (enquêtes) :

La connaissance des flux complète les données issues du comptage. Elle vise à comprendre l'origine, la destination et la nature des déplacements. Les enquêtes de trafic, notamment les enquêtes origine-destination ou les enquêtes cordon, permettent de distinguer le trafic local, le trafic d'échange et le trafic de transit.

Cette distinction est importante dans le cas d'un évitement routier, car le projet a pour objectif principal de détourner une partie du trafic de transit de la traversée urbaine et d'améliorer les conditions de circulation au niveau de l'agglomération de Ténès.

II.3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

Dans une étude routière, le trafic pris en compte ne correspond pas uniquement au trafic existant observé au moment du comptage. Il peut également intégrer des évolutions liées à l'aménagement projeté et aux modifications du comportement des usagers.

- **Trafic normal** : trafic déjà présent sur l'ancien itinéraire, sans tenir compte de l'effet induit par la réalisation du nouveau projet.
- **Trafic induit** : trafic supplémentaire généré par l'amélioration des conditions de circulation, la réduction du temps de parcours et l'attractivité du nouvel aménagement.
- **Trafic dévié** : trafic reporté depuis d'autres itinéraires vers le nouveau tracé, en raison de meilleures conditions de sécurité, de confort ou de temps de parcours.
- **Trafic total** : trafic global retenu pour le dimensionnement, résultant de la somme du trafic normal, du trafic induit et du trafic dévié.

II.4. CATEGORIE DE LA ROUTE :

Selon la norme B40 relative à l'aménagement des routes en Algérie, les routes sont classées en catégories fonctionnelles en fonction de leur rôle socio-économique, de leur importance dans le réseau routier et de leur niveau de service recherché.

- **Catégorie 1** : liaisons d'intérêt national majeur reliant les grands pôles économiques et les zones d'activité importantes.
- **Catégorie 2** : liaisons entre des centres économiques régionaux ou des axes structurants, qui jouent un rôle important dans l'organisation du trafic.

- **Catégorie 3** : liaisons entre chefs-lieux de wilaya, de daïra ou centres non desservis par les catégories supérieures.
- **Catégorie 4** : liaisons entre centres de vie non rattachés aux réseaux des catégories précédentes.
- **Catégorie 5** : routes et pistes à vocation principalement locale ou secondaire.

Dans le cas du présent projet, l'évitement Ouest de Ténès assure une liaison structurante entre la RN11 et la RN19 par la localité de Flita. Il contribue également au délestage du trafic de transit et à l'amélioration des échanges entre deux routes nationales. Pour ces raisons, la catégorie retenue pour le projet est la **catégorie 2**.

II.5. ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE :

Le choix de l'environnement de la route est effectué selon la logique de la norme B40, qui repose principalement sur l'appréciation du relief et de la sinuosité du tracé. Ces deux paramètres influencent directement les conditions de conduite, les contraintes géométriques et la capacité de l'infrastructure.

Les documents techniques disponibles pour le projet montrent que l'itinéraire s'insère dans un milieu côtier et montagneux dominé par la chaîne de la Dahra. Le tracé traverse des secteurs accidentés, caractérisés par des pentes marquées, des versants sensibles et une morphologie parfois encaissée. Ces contraintes ne permettent pas d'assimiler le site à un environnement plat ou simplement vallonné.

Tableau II.1 : L'environnement de la route

Relief \ Sinuosité	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	—
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	—	E3	E3

Compte tenu du caractère montagneux du site, de la présence de pentes sensibles et des contraintes morphologiques indiquées dans les documents du projet, l'environnement retenu pour la suite de l'étude est **E3**, correspondant à un environnement difficile.

II.6. CAPACITE THEORIQUE :

La capacité théorique représente le débit horaire maximal admissible par voie dans des conditions données de circulation. Elle dépend du type de route, de la catégorie fonctionnelle de l'itinéraire et de l'environnement retenu selon la norme B40.

Pour ce projet, la route est retenue comme une infrastructure à chaussées séparées, conformément au profil en travers type du projet. Cette configuration est cohérente avec la fonction de l'évitement, qui vise à assurer une liaison structurante entre la RN11 et la RN19 et à améliorer l'écoulement du trafic de transit autour de la ville de Ténès.

Pour une route à chaussées séparées, la capacité théorique usuelle est comprise entre **1500 et 1800 uvp/h**.

Étant donné que le projet est classé en environnement **E3**, il est préférable d'adopter une valeur prudente afin d'éviter une surestimation de la capacité réelle de l'infrastructure.

$$C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$$

Ainsi, la capacité théorique retenue pour la suite des calculs est égale à **1800 uvp/h**. Ce choix correspond à la borne inférieure de l'intervalle recommandé pour une route à chaussées séparées et reste cohérent avec le caractère difficile de l'environnement traversé

Tableau II. 2 : Capacité théorique

Type de route	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

En définitive, les paramètres retenus pour cette partie de l'étude sont : **catégorie 2**, **environnement E3** et **capacité théorique $C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$** . Ces valeurs seront utilisées pour la suite des calculs de trafic et pour l'évaluation du nombre de voies nécessaires.

II.7. LES DONNEES DE TRAFIC:

Selon les résultats des campagnes de comptage fournis par la DTP de la wilaya de Chlef :

- Année de référence du trafic : 2024
- $TMJA_{2024} = 13245 \text{ véh/j}$
- Année de mise en service : 2026
- Durée de vie du projet : $n = 20 \text{ ans}$
- Part des poids lourds : $p = 30 \%$
- Taux de croissance du trafic : $\tau = 4 \%$

II.8. PROJECTION FUTURE DU TRAFIC:

II.8.1. Le trafic de l'année de mise en service :

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

$$TJMA_{\text{mise en service}} = TJMA_0(1 + \tau)^n \dots\dots\dots (1)$$

$$TJMA_{2026} = TJMA_{2024}(1 + \tau)^2$$

$$TJMA_{2026} = 13245(1 + 0.04)^2$$

$$TJMA_{2026} = \mathbf{14325,8 \text{ véh/j}}$$

Avec :

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

II.8.2. Le trafic à l'année horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_{\text{mise en service}}(1 + \tau)^n \dots\dots\dots (2)$$

$$TJMA_{2046} = TJMA_{2026}(1 + \tau)^{20}$$

$$TJMA_{2046} = 14325(1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2046} = \mathbf{31389,6 \text{ véh/j}}$$

II.8.3. Calcul du trafic effectif :

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = ((1 - Z) + P \times Z)TJMA_{2046} \dots\dots\dots (3)$$

Le coefficient d'équivalence des poids lourds P est déterminé à partir des valeurs fournies dans le tableau de la norme B40.

Tableau II.3 : Coefficient d'équivalence P

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

Compte tenu d'une route à bonnes caractéristiques et d'un environnement E3, l'intervalle proposé par la B40 pour P est de 8 à 12.

$$T_{eff} = ((1 - 0,30) + 10 \times 0,30)TJMA_{2046}$$

$$T_{eff} = 3,7 \times 31389,6$$

$$T_{eff} = \mathbf{116141,52 \text{ uvp/j}}$$

II.8.4. Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe normal est une fraction du trafic effectif à l'année horizon. Il est exprimé en uvp/h.

$$Q = T_{eff} \times 0,12 \dots\dots\dots (4)$$

$$Q = 116141,52 \times 0,12$$

$$Q = \mathbf{13937 \text{ uvp/h}}$$

II.8.5. Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le débit horaire maximal accepté par voie. Il est donné par la relation suivante :

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th} \dots \dots \dots (5)$$

Tableau II.4 : Coefficient K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90–0,95

Pour un environnement E3, le coefficient K1 varie entre 0,90 et 0,95.

Tableau II.5 : Coefficient K2

Environnement	1	2	3	4	5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Pour un environnement E3 et une catégorie de route 2, on obtient directement : K2 = 0,95.

Alors :

$$Q_{adm} = 0,95 \times 0,95 \times 1800$$

$$Q_{adm} = 1\,624,50 \text{ uvp/h}$$

II.8.6. Nombre des voies :

Le nombre de voies est donné par la relation suivante :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}} \dots \dots \dots (6)$$

Avec :

- $S = \frac{2}{3}$: coefficient traduisant la dissymétrie du trafic dans les deux sens.
- Q : débit de pointe horaire normal à l'année horizon 2046.
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{13937}{1624,50}$$

$$N = 2 \text{ voies / sens}$$

II.8.7. Tableau récapitulatif :

Tableau II. 6 : Tableau récapitulatif

TJMA2024	TJMA2026	TJMA2046	Teff	Q	Qadm	N
13245	14325,8	31389,6	116141,52	13937	1 624	2

II.8.8. Conclusion :

En conclusion, selon la norme B40, cette étude de trafic a facilité la conception d'une route unidirectionnelle de 2x2 voies

CHAPITRE III
ETUDE GEOLOGIQUE ET
GEOTECHNIQUE

III.1. INTRODUCTION :

L'étude géologique et géotechnique constitue une étape fondamentale dans la conception d'une infrastructure routière. Elle permet d'identifier la nature des terrains traversés, d'évaluer leur comportement mécanique et hydrique, et de fournir les paramètres indispensables au choix des solutions de terrassement, de fondation et de dimensionnement du corps de chaussée.

Dans le cas du projet d'évitement Ouest de la ville de Ténès, reliant la RN11 à la RN19 par la localité de Flita sur un linéaire d'environ 12 km, cette étude revêt une importance particulière en raison du contexte topographique contrasté, de la présence de matériaux marneux et calcaires, ainsi que de l'influence des eaux superficielles sur la stabilité des terrains.

III.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE :

III.2.1. Situation géographique et cadre morphologique :

Le tronçon étudié est situé dans le territoire de la wilaya de Chlef, plus précisément à l'Ouest de la ville de Ténès, sur un axe reliant la RN11 à la RN19 par la localité de Flita. Le tracé s'étend sur une longueur d'environ 12 km et se développe dans un milieu à relief modérément accidenté, marqué par l'alternance de versants, de vallons et de secteurs agricoles.

Cette configuration morphologique influence directement les conditions géotechniques du projet. Les zones de pente et les dépressions naturelles peuvent favoriser le ruissellement, l'altération des terrains superficiels et, localement, l'instabilité des talus. De ce fait, la connaissance préalable du site constitue une base indispensable à la conception du tracé et à l'évaluation des terrassements .

III.2.2. Cadre géologique régional :

L'étude géologique régionale montre que la zone du projet appartient au bassin du Chélif, lequel fait partie du bassin néogène de l'Algérie centro-occidentale. Ce bassin s'aligne parallèlement à la côte méditerranéenne et se caractérise par des zones relativement peu élevées, encadrées par des chaînes secondaires plissées.

D'après le rapport géotechnique, l'histoire géologique de la région est étroitement liée aux phases ultimes et paroxysmales de l'orogénèse alpine. Le bassin du Chélif est décrit comme un bassin subsident de type intra-montagneux, fonctionnant en graben le long de grandes flexures bordières.

Ce contexte tectono-sédimentaire explique la présence, au droit du site, de formations sédimentaires variées, parfois altérées, présentant des comportements géotechniques différenciés selon leur nature et leur degré de consolidation.

III.2.3. Litho-stratigraphie :

Au droit du site et en référence à la carte géologique du secteur de Ténès, le tracé est constitué par des formations sédimentaires du Cartennien alternant avec des faciès de grès et de calcaires à grain fin. Les unités observées dans l'environnement du projet comprennent notamment des marnes du Cartennien, des grès quartziteux, des argiles quartzitiques et, localement, des niveaux calcaires plus consolidés. La succession lithologique traduit ainsi une alternance de matériaux fins marneux, de matériaux plus cohérents et de passages rocheux résistants.

Du point de vue géotechnique, cette diversité lithologique est déterminante. Les niveaux marneux altérés peuvent présenter une sensibilité à l'eau et une portance moyenne, tandis que les calcaires et certains grès bien cimentés offrent une meilleure résistance mécanique. Cette hétérogénéité impose donc une lecture fine des couches rencontrées le long du tracé.

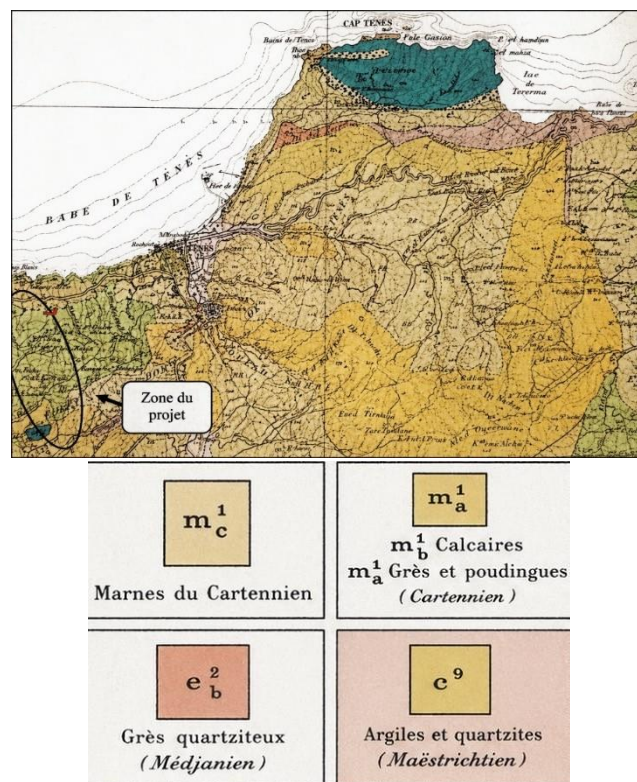


Figure III.1: Extrait de la carte géologique de Ténès

III.2.4. Sismicité :

Selon la classification des zones sismiques définie par le RPA2024, la zone du projet est classée en **zone VI**. Le document technique réglementaire suscité divise le territoire algérien en sept (07) zones de sismicité croissante, soit :

- Zone 0 : Sismicité très faible
- Zone I : Sismicité faible
- Zone II: Sismicité faible a moyenne
- Zone III : Sismicité moyenne
- Zone IV : Sismicité moyenne a élevée
- **Zone V et VI : Sismicité élevée**

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPA 2024 doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après :

Les coefficients d'accélération (A) sont donnés ci-après :

Tableau III. 1 : Les coefficients d'accélération (A)

Zone de sismicité	0	I	II	III	IV	V	VI
Niveau de sismicité	Très faible	Faible	Faible à moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Elevée	Elevée
A	-	0.07	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

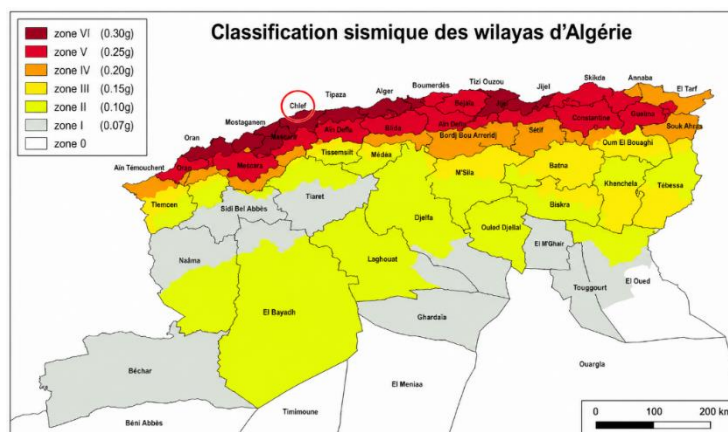


Figure III.2 : Classification sismique des wilayas d'Algérie

III.3. CONTEXTE GEOTECHNIQUE :

L'étude géotechnique du projet d'évitement Ouest de Ténès a pour objet de reconnaître la nature des terrains traversés, d'identifier la succession des formations géologiques rencontrées et d'évaluer leurs caractéristiques géotechniques. Les investigations réalisées ont permis de disposer d'échantillons représentatifs pour les essais de laboratoire et de fournir les données nécessaires à l'analyse du sol support ainsi qu'au dimensionnement des structures routières.

Compte tenu du caractère linéaire du projet et de la variabilité lithologique observée le long du tracé, la reconnaissance a été organisée en deux volets complémentaires : une reconnaissance géotechnique générale par sondages carottés profonds, puis un volet orienté vers la portance du sol support à travers des essais spécifiques de compactage et de CBR sur des matériaux représentatifs.

III.3.1. Reconnaissance Géotechnique in situ :

Conformément au programme d'investigation établi pour le projet, la reconnaissance géotechnique in situ a consisté principalement en la réalisation de 202 ml de sondages carottés avec prélèvements d'échantillons, exécutés à l'aide d'une sondeuse de type « FORDIA ».

Cette campagne a été menée afin de :

- identifier la nature et l'épaisseur des formations rencontrées sur l'ensemble du terrain de projet ;
- déterminer la succession des couches, leur pendage et leur aspect structural ;
- établir des coupes litho-stratigraphiques représentatives ;
- prélever des échantillons pour les essais de laboratoire.

Cette première phase a permis d'assurer la reconnaissance géotechnique générale du tracé.

En complément, et dans le cadre du dimensionnement du corps de chaussée, des essais spécifiques de compactage et de portance ont été pris en compte sur des matériaux représentatifs du sol support, à savoir l'essai Proctor modifié ainsi que l'essai CBR, notamment en condition d'imbibition. Ces essais ont permis de déterminer les caractéristiques de compactage des matériaux, leur portance et leur aptitude à supporter les charges de trafic.

III.3.1.1. Programme des sondages carottés:

La campagne de reconnaissance géotechnique comprend 202 ml de sondages carottés avec prélèvement d'échantillons intacts, réalisés à l'aide d'une sondeuse de type « FORDIA ». Elle a pour objectif d'identifier la nature et l'épaisseur des formations traversées, de préciser la succession des couches et de fournir des échantillons représentatifs pour les analyses de laboratoire.

Tableau III.2 : Répartition des sondages carottés

Sondage carotté	Section / PK	Côté	Profondeur
Sc 01	PK 05+980	Droit	40 m
Sc 02	PK 06+020	Gauche	40 m
Sc 03	PK 05+980	Axe	22 m
Sc 04	PK 06+100	Gauche	30 m
Sc 05	PK 05+860	Gauche	25 m
Sc 06	PK 07+300	Axe	20 m
Sc 07	PK 08+600	Axe	25 m

Les coupes lithologiques montrent une prédominance des niveaux marneux, avec alternance d'argiles à débris marneux, de marnes altérées, de marnes grises compactes, de passages gréseux et, localement, de calcaires bien consolidés.

Tableau III.3 : Résumé lithologique des sondages carottés

Sondage	Profondeur (m)	Nature du sol
Sc 01	0,0 – 7,5	Marne peu compacte
	7,5 – 22,0	Marne grise compacte
	22,0 – 34,5	Marne grise compacte renfermant des passages de grès
	34,5 – 40,0	Calcaire gris bien consolidé
Sc 02	0,0 – 3,0	Passage de grès
	3,0 – 14,0	Marne peu compacte
	14,0 – 40,0	Calcaire gris bien consolidé
Sc 03	0,0 – 3,0	Argile à débris marneux
	3,0 – 12,0	Marne altérée
	12,0 – 22,0	Marne grise compacte
Sc 04	0,0 – 3,0	Argile à débris marneux
	3,0 – 28,0	Marne argileuse renfermant des passages sableux
	28,0 – 30,0	Marne grise compacte
Sc 05	0,0 – 2,0	Argile à débris marneux
	2,0 – 10,0	Marne altérée
	10,0 – 25,0	Marne compacte renfermant des passages de grès
Sc 06	0,0 – 1,8	Argile à débris marneux
	1,8 – 10,0	Marne altérée renfermant des passages compacts
	10,0 – 20,0	Marne grise compacte
Sc 07	0,0 – 4,0	Argile à débris marneux
	4,0 – 12,0	Marne altérée renfermant des passages compacts
	12,0 – 25,0	Marne grise compacte

Tableau III.4 : Planches photographiques

		Caisses représentatives du sondage Sc 01.		Caisses représentatives du sondage Sc 02.
	Caisses représentatives du sondage Sc 03.		Caisses représentatives du sondage Sc 04.	
	Caisses représentatives du sondage Sc 05.		Caisses représentatives du sondage Sc 06.	
	Caisses représentatives du sondage Sc 07.		Moyens matériels de reconnaissance – sondeuse FORDIA..	

III.3.1.2. Reconnaissance par puits ouverts du sol support après terrassement:

Dans le cadre de l'appréciation du sol support après terrassement, une campagne géotechnique in situ complémentaire a été réalisée afin de mieux caractériser les horizons superficiels directement concernés par la mise en œuvre du corps de chaussée. Cette reconnaissance a consisté en l'exécution de trois puits ouverts à la pelle, d'une profondeur moyenne de 1,80 m.

Cette campagne a permis de :

- vérifier la nature du sol support après exécution des terrassements ;
- apprécier la continuité des niveaux marneux superficiels ;
- disposer d'une lecture plus représentative de la plateforme routière au droit des PK étudiés.

Tableau III.5 : Description lithologique des puits ouverts

Profondeur	S1 au PK 05+800	S2 au PK 05+400	S3 au PK 06+100
0,00 – 1,00 m	Marne altérée grisâtre	Marne altérée grisâtre	Marne altérée
1,00 – 1,80 m	Marne schisteuse altérée grisâtre	Marne altérée grisâtre	Marne altérée grisâtre

Les observations effectuées dans ces trois puits montrent une prédominance des marnes altérées grisâtres au niveau du sol support, avec, au droit du sondage S1, un niveau plus schisteux dans la partie inférieure. Ces résultats confirment le caractère marneux du terrain superficiel après terrassement et apportent un complément utile à l'interprétation géotechnique du projet.

III.3.2. Essais de laboratoires :

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

Essais d'identification physique (sur échantillons issus des sondages carottés) :

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

Essais de compactage et de portance (sur matériaux issus de la reconnaissance par puits ouverts):

- Essai Proctor modifié
- Essai CBR

III.3.2.1. Essais d'identification physique :

Tableau III.6 : Récapitulatif des essais d'identification physique et des normes correspondantes

Essais	Nature d'Essai	Quantité	Norme correspondante
Essais physiques	Teneur en eau naturelle	FF	NA 5209
	Densité apparente		NA 5210
	Essais granulométriques (Tamisage sec)		NA 5232/2007
	Essais granulométriques (par sédimentométrie)		NA 5251
	Limites d'Atterberg		ISO 17892-12-2018

III.3.2.1.1 Paramètres d'état :

Pour les paramètres d'état, l'analyse a porté sur la détermination de la teneur en eau naturelle W_n (%), la mesure de la densité humide γ_h , de la densité sèche γ_d et l'évaluation du degré de saturation S_r (%). Les résultats obtenus sur les différents échantillons issus des sondages carottés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.7 : Paramètres d'état des échantillons issus des sondages carottés

N° Sc	Prof (m)	Éch	Nature du sol	W _n (%)	γ _h (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	S _r (%)
Sc 01	(3,5–5,0)	01	Marne peu compacte	17,0	2,08	1,78	88,3
	(9,0–11,0)	01	Marne compacte	3,6	2,31	2,23	/
	(23–24)	01	Marne compacte	3,2	2,36	2,29	/
	(36–37)	01	Calcaire gris bien consolidé	2,4	2,38	2,32	/
Sc 02	(1,0–3,0)	01	Passage de grès	6,7	2,32	2,17	/
	(5,0–7,0)	01	Marne peu compacte	14,9	2,11	1,84	85,3
	(15–16)	01	Calcaire gris bien consolidé	4,4	2,35	2,25	/
Sc 03	(1,5–3,0)	01	Argile à débris marneux	21,8	1,95	1,60	85,6
	(1,5–3,0)	02	Argile à débris marneux	21,3	1,97	1,62	86,6
	(4,0–5,0)	01	Marne altérée	15,8	2,09	1,80	85,8
	(10–11)	01	Marne altérée	12,9	2,14	1,90	81,8
	(15–16)	01	Marne compacte	5,1	2,37	2,25	/
Sc 04	(2,0–3,0)	01	Argile à débris marneux	19,9	2,03	1,69	90,1
	(8,0–9,0)	01	Marne argileuse	15,5	2,13	1,84	89,9
	(20–21)	01	Marne argileuse	11,8	2,20	1,97	85,3
	(28–30)	01	Marne compacte	3,0	2,34	2,27	/
Sc 05	(1,0–2,0)	01	Argile à débris marneux	20,2	1,99	1,66	86,3
	(3,0–5,0)	01	Marne altérée	13,2	2,08	1,84	75,7
	(3,0–5,0)	02	Marne altérée	13,0	2,07	1,83	73,9
	(10,5–12)	01	Marne compacte	3,9	2,30	2,21	/
	(24–25)	01	Marne compacte	2,8	2,37	2,31	/
Sc 06	(1,0–1,8)	01	Argile à débris marneux	22,7	1,96	1,60	88,6
	(3,0–4,0)	01	Marne altérée	16,7	2,05	1,76	83,8
	(6,5–8,0)	01	Marne altérée	15,2	2,13	1,85	88,9
	(11–12)	01	Marne compacte	4,6	2,36	2,26	/
Sc 07	(2,0–4,0)	01	Argile à débris marneux	21,7	2,03	1,67	94,5
	(5,5–7,5)	01	Marne altérée	14,8	2,12	1,85	86,2
	(17–18)	01	Marne compacte	4,1	2,37	2,28	/

L'examen des valeurs obtenues met en évidence une nette différence entre les niveaux argilo-marneux superficiels, plus humides et moins denses, et les niveaux compacts plus profonds, caractérisés par des teneurs en eau plus faibles et des densités sèches plus élevées. Cette évolution traduit une amélioration progressive de la compacité des formations en profondeur.

III.3.2.1.2 Paramètre de nature:

Pour les paramètres de nature, nous avons réalisé l'analyse granulométrique ainsi que la détermination des limites d'Atterberg. Ces paramètres traduisent les caractéristiques intrinsèques des matériaux, c'est-à-dire des propriétés qui demeurent relativement stables au cours du temps et lors des différentes manipulations subies par le sol. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau III.8 : Paramètres de nature des échantillons analysés

N° Sc	Prof (m)	Éch	Nature du sol	80 µm	2 µm	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	I _c
Sc 01	(3,5–5,0)	01	Marne peu compacte	88.09	73	48.06	25.38	22.68	1.37
Sc 02	(5,0–7,0)	01	Marne peu compacte	85.19	69	46.35	25.54	20.81	1.51
Sc 03	(1,5–3,0)	01	Argile à débris marneux	71.76	53	48.96	24.21	24.75	1.10
	(1,5–3,0)	02		74.46	58	49.60	24.27	25.33	1.12
	(4,0–5,0)	01	Marne altérée	83.41	64	44.31	21.91	22.40	1.27
	(10–11)	01		92.69	71	46.99	23.13	23.86	1.43
Sc 04	(2,0–3,0)	01	Argile à débris marneux	69.45	51	50.50	25.68	24.82	1.23
	(8,0–9,0)	01	Marne argileuse	86.33	65	45.53	24.73	20.80	1.44
	(20–21)	01		93.80	79	44.96	23.77	21.19	1.56
Sc 05	(1,0–2,0)	01	Argile à débris marneux	67.26	49	47.86	24.81	23.05	1.20
	(3,0–5,0)	01	Marne altérée	90.57	74	45.19	24.35	20.84	1.54
	(3,0–5,0)	02		86.72	68	45.88	24.51	21.37	1.54
Sc 06	(1,0–1,8)	01	Argile à débris marneux	68.85	49	48.93	25.90	23.03	1.14
	(3,0–4,0)	01	Marne altérée	82.34	61	47.21	25.12	22.09	1.38
	(6,5–8,0)	01		90.43	73	46.33	24.97	21.36	1.46
Sc 07	(2,0–4,0)	01	Argile à débris marneux	75.35	57	49.31	25.37	23.94	1.15
	(5,5–7,5)	01	Marne altérée	86.71	67	44.88	23.01	21.87	1.38

En sachant que :

L'indice de consistance (I_c) est défini comme suit :

$$I_c = \frac{W_L - W_P}{I_P} \dots \dots \dots (8)$$

Tableau III.9 : Interprétation usuelle de l'indice de consistance

Intervalle de I_c	Etat de consistance
$I_c < 0$	Etat liquide
$0 \leq I_c < 0,25$	Très mou
$0,25 \leq I_c < 0,50$	Mou
$0,50 \leq I_c < 0,75$	Mi-consistant
$0,75 \leq I_c < 1,00$	Consistant
$I_c \geq 1,00$	Très consistant

Au vu des valeurs obtenues, les échantillons analysés présentent des indices de consistance globalement supérieurs à 1,00. Ceci traduit, pour la majorité des niveaux étudiés, un état consistant à très consistant, cohérent avec la présence dominante de formations marneuses compactes à semi-compactes sur le tracé.

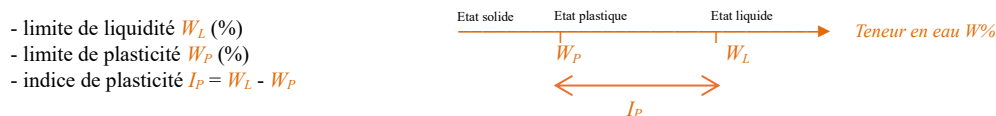


Figure III.3 : Paramètres des limites d'Atterberg

III.3.2.2. Essais d'identification mécaniques :

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

- **Essai Proctor modifié :** Conduit selon la norme NFP 94-093 d'octobre 1999, cet essai est utilisé pour déterminer les caractéristiques de compactage du sol. Il permet d'établir la densité

maximale que le sol peut atteindre sous compaction ainsi que la teneur en eau optimale nécessaire pour atteindre cette densité.

- **Essai CBR (California Bearing Ratio) :** Réalisé pour évaluer la portance du sol, cet essai constitue un indicateur essentiel de la capacité du matériau à supporter les structures routières. Les valeurs retenues pour l'interprétation correspondent au CBR imbibé après 4 jours d'immersion, en cohérence avec les pages du rapport géotechnique fournies.

Tableau III.10 : Caractéristiques mécaniques des différents sols

	Compactage		
	γ_{dOPM} (t/m ³)	W _{OPM} (%)	CBR imbibé
P01 Marne altérée	1,90	4,5	5,56
P02 Marne altérée	1,97	6,3	6,35
P03 Marne altérée	1,94	6,3	3,12

III.3.2.2.1. Classification de la portance du sol support :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées, la portance du sol est appréciée par la valeur de l'indice CBR mesurée sur des éprouvettes compactées avec une teneur en eau optimale et mises en immersion dans l'eau pendant 4 jours.

Suivant la valeur CBR correspondant à 100 % de la densité optimale, la portance d'un sol est comparée à cinq classes de sols retenues.

Tableau III.11 : Classification de la portance du sol support en fonction de l'indice CBR

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

Au vu des valeurs de l'indice CBR obtenues, les classes de portance du sol retenues sont les suivantes :

Tableau III.12 : Classes de portance retenues des sols rencontrés à partir des valeurs de l'indice CBR

PUITS	FORMATION	CBR (%)	CLASSE
P01	Marne altérée	5,56	S3
P02	Marne altérée	6,35	S3
P03	Marne altérée	3,12	S4

Pour le cas des sols rencontrés, l'examen des valeurs de portance montre que les puits P01 et P02 relèvent de la classe S3, tandis que le puits P03 correspond à une classe S4. En vue du dimensionnement, il convient de retenir le cas le plus défavorable, soit une portance de classe **S4** avec un CBR de **3,12**

III.3.3. Classification des matériaux selon le GTR :

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

Tableau III.13 : Classification des matériaux selon le GTR

N° Sc	Prof (m)	Éch	Classe	Paramètres de nature		Sous- classe en fonction de la nature	Paramètres et valeurs de seuils retenus	Sous- classe
				Première classification	Deuxième classification			
Sc 01	(3,5–5,0)	01	A	Dmax = 2 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 88,08 % > 35 %	12 % < IP = 22,68 % ≤ 25 %	A2	1,2% < Ic = 1,37% ≤ 1,4%	A2s
Sc 03	(4,0–5,0)	01		Dmax = 8 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 83,41 % > 35 %	12 % < IP = 22,40 % ≤ 25 %		1,2% < Ic = 1,27% ≤ 1,4%	
Sc 04	(2,0–3,0)	01		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 69,45 % > 35 %	12 % < IP = 24,82 % ≤ 25 %		1,2% < Ic = 1,23% ≤ 1,4%	
Sc 06	(3,0–4,0)	01		Dmax = 5 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 82,34 % > 35 %	12 % < IP = 22,09 % ≤ 25 %		1,2% < Ic = 1,38% ≤ 1,4%	
Sc 07	(5,5–7,5)	01		Dmax = 2 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 86,71 % > 35 %	12 % < IP = 21,87 % ≤ 25 %		1,2% < Ic = 1,38% ≤ 1,4%	
Sc 02	(5,0–7,0)	01		Dmax = 2 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 85,19 % > 35 %	12 % < IP = 20,81 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,51%	A2ts
Sc 03	(10–11)	01		Dmax = 1 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 92,69 % > 35 %	12 % < IP = 23,86 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,43%	
Sc 04	(8,0–9,0)	01		Dmax = 2 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 86,33 % > 35 %	12 % < IP = 20,80 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,44%	
Sc 04	(20–21)	01		Dmax = 5 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 93,80 % > 35 %	12 % < IP = 21,19 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,56%	
Sc 05	(3,0–5,0)	01		Dmax = 5 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 90,57 % > 35 %	12 % < IP = 20,84 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,54%	
Sc 05	(3,0–5,0)	02		Dmax = 5 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 86,72 % > 35 %	12 % < IP = 21,32 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,54%	
Sc 06	(6,5–8,0)	01		Dmax = 1 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 90,43 % > 35 %	12 % < IP = 21,36 % ≤ 25 %		1,4% < Ic = 1,46%	
Sc 03	(1,5–3,0)	01		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 71,76 % > 35 %	12 % < IP = 24,75 % ≤ 25 %	A3	1,05% < Ic = 1,10% ≤ 1,2%	A2m
Sc 05	(1,0–2,0)	01		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 67,26 % > 35 %	12 % < IP = 23,03 % ≤ 25 %		1,05% < Ic = 1,20% ≤ 1,2%	
Sc 06	(1,0–1,8)	01		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 68,85 % > 35 %	12 % < IP = 23,03 % ≤ 25 %		1,05% < Ic = 1,14% ≤ 1,2%	
Sc 07	(2,0–4,0)	01		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 75,35 % > 35 %	12 % < IP = 23,94 % ≤ 25 %		1,05% < Ic = 1,15% ≤ 1,2%	
Sc 03	(1,5–3,0)	02		Dmax = 10 mm ≤ 50 mm Passant à 80 µm = 74,45 % > 35 %	25 % < IP = 25,33 % ≤ 40 %	A3	1,00% < Ic = 1,12% ≤ 1,15%	A3m

III.3.3.1. Analyse des propriétés des sols :

Au regard de la classification géotechnique retenue, les matériaux rencontrés dans le projet appartiennent tous à la classe A des sols fins. L'analyse des propriétés des sols consiste donc à interpréter le comportement des sous-classes identifiées, à savoir A2s, A2ts, A2m et A3m, en tenant compte de leur nature, de leur sensibilité à l'eau et de leur aptitude à être utilisés dans les travaux de terrassement et de chaussée.

Tableau III.14 : Synthèse des sous-classes identifiées dans le projet

Sous-classe	Nature générale	Comportement dominant	Appréciation technique
A2s	Sol fin de plasticité moyenne	État ferme à assez ferme	Utilisable avec maîtrise de l'humidité
A2ts	Sol fin de plasticité moyenne à état très consistant	Faible compressibilité relative et bonne tenue	Favorable au terrassement en conditions contrôlées
A2m	Sol fin de plasticité moyenne à état humide moyen	Sensibilité plus marquée à l'eau	Utilisation possible avec précautions de mise en œuvre
A3m	Sol fin plus plastique à état humide moyen	Argilosité plus élevée et comportement plus délicat	Nécessite une surveillance renforcée vis-à-vis de l'eau

Caractéristiques principales des sols de la classe A : Les sols de la classe A correspondent à des sols fins, caractérisés par une proportion notable de particules fines et une plasticité mesurable. Leur comportement dépend fortement de la teneur en eau, ce qui en fait des matériaux sensibles aux conditions hydriques pendant le terrassement et la mise en œuvre. Lorsque l'humidité reste modérée et le compactage correctement assuré, ces sols peuvent être utilisés dans les travaux routiers, mais ils nécessitent toujours un contrôle soigné des conditions d'exécution.

Sous-classe A2s : Les matériaux classés A2s présentent une plasticité moyenne et un indice de consistance traduisant un état ferme à assez ferme. Ils restent globalement maniables au terrassement et peuvent être compactés de manière satisfaisante, à condition d'éviter tout excès d'eau. Dans le cadre du projet,

cette sous-classe traduit des niveaux marneux ou argilo-marneux relativement stables, dont l'utilisation est envisageable sous réserve d'un contrôle de l'humidité lors des travaux.

Sous-classe A2ts : La sous-classe A2ts regroupe des sols de même famille que les A2, mais dans un état plus consistant. Leur tenue mécanique immédiate est meilleure et leur déformabilité reste plus faible en conditions normales. Cette catégorie est plutôt favorable du point de vue du terrassement, mais elle demeure sensible aux changements d'humidité. Pour le projet, les horizons A2ts correspondent à des matériaux fins relativement compacts, offrant un comportement plus rassurant pour la plateforme, sans pour autant être totalement insensibles à l'eau.

Sous-classe A2m : Les sols A2m appartiennent toujours à la famille des sols fins à plasticité moyenne, mais leur état hydrique est plus humide. Ils sont donc plus sensibles au remaniement et aux variations de teneur en eau, ce qui peut affecter leur portance et leur facilité de compactage. Leur utilisation reste possible, mais elle exige davantage de précautions, notamment en matière de drainage, de réglage de la teneur en eau et de contrôle du compactage.

Sous-classe A3m : La sous-classe A3m correspond à des sols fins plus plastiques, donc plus argileux, et présentant un état humide moyen. Ces matériaux sont les plus délicats parmi les sous-classes identifiées dans le projet. Leur sensibilité à l'eau est plus élevée, leur comportement sous circulation d'engins est moins favorable, et leur aptitude au compactage dépend étroitement des conditions d'exécution. En pratique, cette sous-classe demande une vigilance renforcée et peut justifier, selon les cas, des mesures d'amélioration ou des dispositions constructives adaptées.

En synthèse, l'ensemble des matériaux étudiés reste dominé par des sols fins de classe A, principalement répartis entre les sous-classes A2s, A2ts et A2m, avec une présence plus ponctuelle de A3m. Cette répartition confirme le caractère marneux à argilo-marneux du terrain et souligne l'importance du contrôle de l'état hydrique dans l'appréciation du comportement géotechnique. Ainsi, la qualité de mise en œuvre, le drainage et le compactage constituent des paramètres déterminants pour garantir de bonnes conditions d'exécution et de service du corps de chaussée.

III.3.4. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

Les conditions d'utilisation en remblai doivent être respectées afin d'autoriser l'emploi des matériaux dans des conditions garantissant une mise en œuvre correcte, une compacité suffisante et une bonne stabilité de l'ouvrage. Dans notre projet, les sols étudiés appartiennent principalement à la classe A,

avec les sous-classes A2m, A2s, A2ts et A3m.

Le choix des modalités de réemploi dépend directement de l'état hydrique du matériau et de la situation météorologique au moment des travaux. Ces prescriptions visent, d'une part, à atteindre le niveau de qualité technique recherché pour le remblai et, d'autre part, à limiter les risques de dégradation liés à la pluie, à l'évaporation ou à une mauvaise maîtrise du compactage.

- Les matériaux A2m sont les plus faciles à réutiliser parmi les sols considérés, mais leur emploi devient défavorable sous pluie moyenne à forte.
- Les matériaux A2s exigent davantage de précautions, notamment un compactage intense, des couches minces et, selon le cas, une humidification ou un arrosage préalable.
- Les matériaux A2ts sont normalement inutilisables en l'état et ne doivent pas être retenus directement en remblai sans amélioration préalable.
- Les matériaux A3m peuvent être employés, mais leur plasticité impose un contrôle rigoureux de la teneur en eau, de la hauteur du remblai et de l'énergie de compactage.

Interprétation pour le projet : les matériaux A2m et A3m peuvent être retenus en remblai dans des conditions relativement favorables, alors que les matériaux A2s nécessitent davantage de précautions de mise en œuvre. Les sols A2ts, quant à eux, ne doivent pas être employés directement en l'état. Il est donc indispensable de programmer les travaux de terrassement en fonction des conditions météorologiques, de contrôler la teneur en eau et d'adapter systématiquement le compactage et la hauteur des remblais.

III.4. CONCLUSION :

Au terme de ce chapitre, l'étude géologique et géotechnique a permis de caractériser les terrains traversés par le projet d'évitement Ouest de la ville de Ténès. L'analyse géologique a montré que le tracé s'inscrit dans un contexte marqué par la prédominance de formations marneuses et argilo-marneuses, avec la présence locale de grès et de calcaires plus consolidés. Ces formations, associées

au relief du site et à l'influence des eaux superficielles, nécessitent une attention particulière vis-à-vis de la stabilité des talus, du drainage et des terrassements.

La campagne de reconnaissance, réalisée par sondages carottés et complétée par des puits ouverts après terrassement, a confirmé le caractère essentiellement marneux du sol support. Les essais de laboratoire ont montré que les matériaux rencontrés appartiennent principalement à la classe des sols fins, avec des sous-classes de type A2 et localement A3, traduisant une sensibilité notable à l'eau et une dépendance importante à l'état hydrique. Les essais Proctor modifié et CBR ont permis d'évaluer la portance du sol support, en retenant le cas le plus défavorable correspondant à une classe S4 avec un CBR de 3,12 %.

CHAPITRE IV
DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE

IV.1. INTRODUCTION :

Le présent chapitre porte sur le dimensionnement de la chaussée, étape essentielle dans la conception routière. Il s'agit de déterminer une structure capable de supporter le trafic projeté tout en assurant la stabilité, la durabilité et la sécurité de l'infrastructure. Dans cette étude, le dimensionnement est abordé selon deux approches principales : la méthode CBR (California Bearing Ratio) et la méthode du catalogue algérien.

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

IV.2. METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

IV.2.1. Méthode CBR:

La méthode CBR est une méthode semi-empirique fondée sur un essai de poinçonnement réalisé sur un échantillon de sol support. Les éprouvettes sont compactées à un niveau compris entre 90 % et 100 % de l'optimum Proctor modifié, ce qui permet d'estimer la capacité portante du sol et d'en déduire l'épaisseur totale nécessaire de la chaussée.

IV.2.1.1 Calcul de l'épaisseur totale :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} \left(75 + \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5} \dots\dots\dots (9)$$

Avec :

- e : épaisseur équivalente ;
- I_{CBR} : indice CBR ;
- N : trafic poids lourds à l'année d'horizon sur la voie la plus chargée ;
- P : essieu standard $\frac{13t}{2}$, soit p = 6,5 t.

Pour notre projet, le trafic de poids lourds à l'année d'horizon sur la voie la plus chargée est calculé comme suit :

$$\begin{aligned} N &= TPL_{2046} = (1 + \tau)^n \times TPL_{2026} \dots\dots\dots (10) \\ N &= TPL_{2046} = (1 + 0,04)^{20} \times (0,9 \times 0,3 \times \frac{2}{3} \times 14325,8) \\ N &= \mathbf{5650,12 \text{ PL/j/sens}} \\ E_{totale} &= e = \mathbf{79,06 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Ainsi, l'application de la méthode CBR au trafic projeté et aux caractéristiques du sol support conduit à une épaisseur totale équivalente de chaussée égale à 79,06 cm.

IV.2.1.2 Vérification de la structure par épaisseur équivalente :

Après la détermination de l'épaisseur totale équivalente de la chaussée, égale à 79,06 cm, il convient de choisir une structure de chaussée adaptée puis de vérifier que l'épaisseur équivalente fournie par les couches retenues est au moins égale à cette valeur. Dans notre cas, on adopte une structure souple de type BB–GB–GC, composée d'une couche de roulement en béton bitumineux, d'une couche de base en grave-bitume et d'une couche de fondation en grave concassée.

$$E_{eq} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3) \dots\dots\dots(11)$$

- a_i : coefficient d'équivalence du matériau ;
- e_i : épaisseur réelle de la couche ;
- $(a_1 \times e_1)$: contribution de la couche de roulement ;
- $(a_2 \times e_2)$: contribution de la couche de base ;
- $(a_3 \times e_3)$: contribution de la couche de fondation.

Tableau IV.1 : Coefficients d'équivalence retenus

Nature du matériau	Coefficient a_i
Béton bitumineux (BB)	2
Grave-bitume (GB)	1,5
Grave concassée (GC)	1

Tableau IV.2 : Domaines usuels des épaisseurs

Couche / matériau	Épaisseur usuelle
BB	5 à 8 cm
GB	10 à 20 cm
GC	15 à 30 cm
TVO	> 30 cm

Compte tenu de l'importance de l'épaisseur totale à atteindre, nous retenons la valeur maximale usuelle de la couche de roulement, soit $e_1 = 8 \text{ cm}$, afin d'assurer une bonne tenue en surface. Pour la couche de base, nous retenons également une valeur élevée, $e_2 = 20 \text{ cm}$, dans le but d'augmenter la contribution structurale de la chaussée et de limiter l'épaisseur à demander à la couche de fondation.

$$E_{eq} \geq E_{totale} = 79,06 \text{ cm} \dots \dots \dots (12)$$

$$2 \times 8 + 1,5 \times 20 + 1 \times e_3 \geq 79,06$$

$$16 + 30 + e_3 \geq 79,06 \Rightarrow e_3 \geq 33,06 \text{ cm}$$

Ainsi, l'épaisseur minimale théorique de la couche de fondation en grave concassée est de 33,06 cm. Or, la plage usuelle indiquée pour la GC est comprise entre 15 et 30 cm. Une valeur de 30 cm donnerait une épaisseur équivalente de 76 cm seulement, ce qui reste insuffisant par rapport à l'épaisseur totale requise. Pour satisfaire la condition $E_{eq} \geq E_{totale}$ et conserver une valeur simple à exécuter sur le chantier, on adopte par conséquent une épaisseur pratique de fondation égale à 35 cm.

$$E_{eq} = (2 \times 8) + (1,5 \times 20) + (1 \times 35)$$

$$E_{eq} = 16 + 30 + 35 = 81 \text{ cm}$$

$$81 \text{ cm} > 79,06 \text{ cm} \Rightarrow \text{la structure retenue est vérifiée}$$

Nom de couche	Matériau	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient a_i	Contribution équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	8	2	16
Couche de base	GB	20	1,5	30
Couche de fondation	TVO	35	1	35
Total	—	63	—	81

Tableau IV.3 : Structure adoptée



Figure IV . 1 : Structure retenue par la méthode CBR

Au terme de cette étape, la structure retenue pour la chaussée est constituée de 8 cm de béton bitumineux, 20 cm de grave-bitume et 35 cm de Terre Végétale Ordinaire . Cette combinaison fournit une épaisseur équivalente de 81 cm, supérieure à l'épaisseur totale requise de 79,06 cm. Elle peut donc être considérée comme convenable pour la suite du dimensionnement, tout en offrant une légère marge de sécurité de 1,81 cm.

IV.2.2. La méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves (2001):

En complément de la méthode CBR, le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves (2001) constitue une approche normalisée largement utilisée pour la conception des structures de chaussée en Algérie. Cette méthode s'appuie sur des catalogues préétablis regroupant les paramètres liés au trafic, aux caractéristiques géotechniques du sol support, aux ressources en matériaux et aux conditions climatiques. Elle permet ainsi de sélectionner, parmi plusieurs structures types, la variante la plus adaptée aux conditions du projet tout en assurant un compromis satisfaisant entre performance technique et coût de réalisation.

La démarche générale du catalogue consiste à déterminer successivement le niveau du réseau, la classe de trafic poids lourds, la classe du sol support ainsi que les ressources en matériaux et le climat, afin d'aboutir au choix d'une structure optimale de dimensionnement.

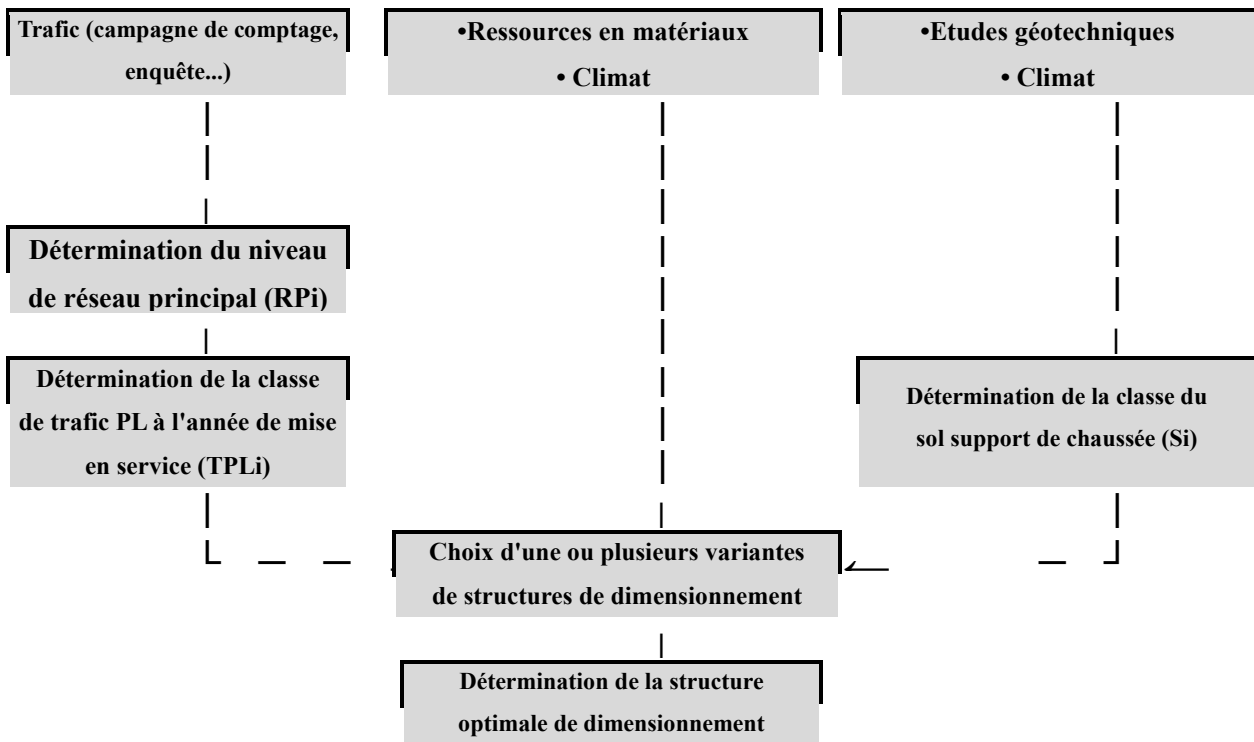


Figure IV . 2 : Démarche générale du catalogue algérien

IV.2.2.1. Données climatiques :

La température équivalente est déterminée à partir du zonage climatique défini dans le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves (2001). D'après la localisation de notre projet, le site d'étude appartient à la zone climatique I. Ce classement permet de fixer les paramètres thermiques à retenir pour le choix de la structure de chaussée proposée par le catalogue.

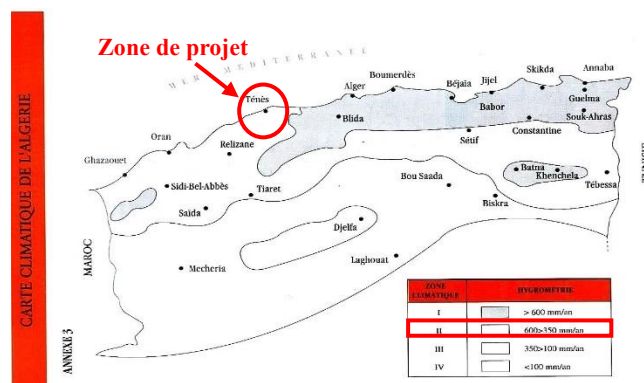


Figure IV . 3 : Cartographie des zones climatiques de l'Algérie

Tableau IV.4 : Températures équivalentes par zone climatique

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

En considération des conditions climatiques de notre zone, la température équivalente retenue pour le dimensionnement est : $\theta_{eq} = 20\text{ °C}$.

IV.2.2.2. Détermination du réseau principal :

D'après le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves (2001), la classification du réseau principal dépend du trafic journalier moyen annuel exprimé en véhicules par jour. Les catégories à considérer pour le choix du réseau principal sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau IV.5 : Classification du réseau principal

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

$$TJMA_{2026} = 14325,8 \text{ V/j}$$

$$TJMA_{2026} > 1500 \text{ V/j}$$

Étant donné que le trafic journalier moyen annuel de notre projet est supérieur à 1500 véhicules par jour, le projet est classé dans le réseau principal **RP1**.

IV.2.2.3. Détermination de la classe du trafic (TPLi):

Dans notre cas, il s'agit d'une chaussée bidirectionnelle à deux voies. Conformément aux recommandations du catalogue, 90 % des poids lourds sont considérés sur la voie la plus chargée. La classe de trafic poids lourds à l'année de mise en service est donc obtenue par la relation suivante :

$$TPL_{2026} = TJMA_{2026} \times PL\% \times 90\% \dots\dots\dots(13)$$

$$TPL_{2026} = 14325,8 \times \frac{2}{3} \times 0,3 \times 0,9$$

$$TPL_{2026} = 2578,64 \text{ PL/j/sens}$$

Pour le réseau principal RP1, les classes de trafic poids lourds retenues par le catalogue peuvent être résumées comme suit.

Tableau IV.6 : Classes de trafic TPLi pour le réseau principal RP1

Classe	Intervalle de trafic (PL/j/sens)
TPL3	[150 ; 300[
TPL4	[300 ; 600[
TPL5	[600 ; 1500[
TPL6	[1500 ; 3000[
TPL7	[3000 ; 6000[

La valeur calculée $TPL_{2026} = 2578,64 \text{ PL/j/sens}$ appartient à l'intervalle [1500 ; 3000[, ce qui permet de retenir la classe de trafic **TPL6** pour notre projet.

IV.2.2.4. Calcul du trafic cumulé (TCi) :

Le trafic cumulé TCi représente le nombre total de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée pendant la période de dimensionnement. Il est calculé à partir du trafic poids lourds à l'année de mise en service, du taux d'accroissement annuel et de la durée de vie retenue.

$$TC_i = TPL_i \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \dots\dots\dots(14)$$

$$TC_i = 2578,64 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 365$$

$$TC_i = 28,02 \times 10^6 \text{ PL/J/sens}$$

$$TC_i = 2,802 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

IV.2.2.5. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE_i) :

Le trafic cumulé équivalent TCE_i est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement. Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie de la chaussée.

$$TCE_i = TC_i \times A \dots\dots\dots(15)$$

Avec : A : coefficient d'agressivité des poids lourds.

Pour notre projet, le coefficient d'agressivité adopté est A = 0,6.

Application numérique :

$$TCE_i = 2,8 \times 10^7 \times 0,6$$

$$TCE_i = 1,68 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

La valeur de trafic cumulé équivalent à retenir pour la suite du dimensionnement par la méthode du catalogue algérien est donc égale à $1,68 \times 10^7$ essieux équivalents de 13 tonnes.

Tableau IV.7 : Valeurs de A

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

IV.2.2.6. Sur classement des sols supports des chaussées :

Afin de permettre la mise en œuvre des couches de chaussée dans des conditions satisfaisantes, Pour notre cas spécifique, le CBR est de 3,12 , ce qui correspond à la classe S4 une amélioration du sol support est nécessaire. Selon le tableau de sur-classement, l'utilisation d'une couche de forme en matériaux non traités, d'une épaisseur de 60 cm exécutée en deux couches, permet de reclasser le sol support de la classe S4 vers la classe S2. En conséquence, le dimensionnement de la chaussée sera poursuivi en retenant une classe de portance visée S2 après amélioration.

Tableau IV.8 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Épaisseur 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	Matériaux non traités (*)	35 cm	S3
S4	Matériaux non traités (*)	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités (*)	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériaux non traités (*)	70 cm (en 2 couches)	S1

IV.2.2.7. Choix de la structure de chaussée :

Compte tenu des résultats obtenus précédemment, à savoir un réseau principal de niveau RP1, une classe de trafic TPL6, une classe de sol support S2 et une zone climatique I, le fascicule 3 du Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussées neuves (2001) nous oriente vers une structure de type grave bitume/grave bitume (GB/GB).

L'intersection de la ligne correspondant à la classe de trafic TPL6 avec la colonne de la classe de sol support S2 conduit à retenir la structure suivante pour notre projet.

Tableau IV.9 : Structure de chaussée d'après le catalogue algérien

Types de couches	Matériaux	Épaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	8
Couche de base	GB	13
Couche de fondation	GB	13

La fiche de structure sélectionnée correspond au type **MTB**, adapté aux zones climatiques I et **II**, pour une durée de vie de **20 ans** et un taux d'accroissement de **4 %**. Ce choix est cohérent avec les caractéristiques de notre projet et permet d'adopter une structure routière conforme aux prescriptions du catalogue.

RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GB				
FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE BITUME				
Type : MTB				
Zone climatique : I et II				
Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%				
Si TPL _j PL/j/sens	S2 50 MPa	S1 125 MPa	S0 200 MPa	
6000	8 BB	8 BB	8 BB	
TPL7	14 GB	12 GB	11 GB	
6000	14 GB	11 GB	11 GB	
3000	8 BB	8 BB	8 BB	
TPL6	13 GB	11 GB	10 GB	
3000	13 GB	11 GB	10 GB	
1500	8 BB	8 BB	8 BB	
TPL5	11 GB	10 GB	10 GB	
600	11 GB	9 GB	9 GB	
600	8 BB	8 BB	8 BB	
TPL4	10 GB	9 GB	8 GB	
150	6 GB	6 GB	5 GB	
150				
TPL3				
150				

Si : Classe de sol support, TPL : Classe de trafic PL/jour/sens
BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitume (0/20)
Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15)
Toutes les épaisseurs sont données en cm

Figure IV . 4 : Structure retenue d'après le fascicule 3

Ainsi, la structure proposée pour notre chaussée est constituée d'une couche de roulement en béton bitumineux de **8 cm**, d'une couche de base en grave bitume de **13 cm** et d'une couche de fondation en grave bitume de **13 cm**.

IV.2.3. Vérification de la structure vis-à-vis de la fatigue :

IV.2.3.1. Déformations verticales :

IV.2.3.1.1. Calcul des déformations admissibles sur le sol support (ε_{zadm}) :

Les déformations admissibles du sol support ont été déterminées à partir d'une relation empirique issue d'une étude statistique sur le comportement des chaussées. Cette relation permet d'estimer la valeur admissible de la déformation verticale en fonction du trafic cumulé équivalent.

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0,235} \dots\dots\dots(16)$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (1,68 \times 10^7)^{-0,235}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 4,410 \times 10^{-4} \mu def = 441 \text{ def}$$

Ainsi, la déformation verticale admissible sur le sol support est égale à 441 def.

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

Le calcul des déformations verticales a été effectué au moyen du logiciel Alizé-LCPC. La structure introduite correspond à 8 cm de béton bitumineux (BB), 13 cm de grave-bitume (GB), 13 cm de grave-bitume (GB) et un sol support de module égal à 50 MPa. La déformation verticale a été lue au sommet du sol support, c'est-à-dire à la base de la couche de fondation.

Structure de base					épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
collé	0.08	4000	0.35	autre	0.080	4000.0	0.350	0.000	39.5	0.313	23.5	0.658
						collé		0.080	16.2	0.262	68.4	0.570
	0.13	7000	0.35	autre	0.130	7000.0	0.350	0.080	16.2	0.427	30.3	0.570
						collé		0.210	-20.1	-0.118	34.8	0.178
collé	0.13	7000	0.35	autre	0.130	7000.0	0.350	0.210	-20.1	-0.118	34.8	0.178
collé	infini	50	0.25	autre		collé		0.340	-74.4	-0.734	70.0	0.015
					infini	50.0	0.250	0.340	-74.4	0.000	292.5	0.015

Figure IV . 5 : Déformation verticale calculée

IV.2.3.1.3. Vérification des deformations :

$$\varepsilon_{z,adm} > \varepsilon_z \dots\dots\dots(17)$$

$$441 \text{ def} > 292,5 \text{ def}$$

Comme la déformation admissible du sol support est supérieure à la déformation verticale calculée, la condition de vérification est satisfaite. On conclut donc que les déformations verticales de la structure proposée sont vérifiées.

IV.2.3.2. Déformations de traction :

IV.2.3.2.1 Calcul des déformations admissibles de traction :

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

$$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^\circ ; 25 \text{ Hz}) \times k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c \dots\dots\dots(18)$$

$\varepsilon_6(10^\circ ; 25 \text{ Hz})$: déformation limite retenue au bout de 10^6 cycles avec une probabilité de rupture de 50 % à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue) ;

k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée ;

k_θ : facteur lié à la température équivalente ;

k_r : facteur lié au risque et aux dispersions ;

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

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

Tableau IV.10 : Paramètres de la formule de déformation de traction

Paramètres	Valeurs
$\varepsilon_6 (10^\circ ; 25 \text{ Hz})$	0,0001
k_{ne}	0,662
k_θ	1,34
k_r	0,71
k_c	1,3

Avec :

$$E(10^\circ ; 10 \text{ Hz}) = 12500 \text{ MPa}$$

$$E(20^\circ ; 10 \text{ Hz}) = 7000 \text{ MPa}$$

$$TCE_i = 1,68 \times 10^7 \text{ PL/J/sens}$$

$$t = -1,645$$

$$b = -0,146$$

$$SN = 0,45$$

$$Sh = 3$$

$$C = 0,02$$

Et :

$$\delta = [SN^2 + (C \times Sh / b)^2]^{1/2} = 0,61 \dots\dots\dots(19)$$

$$k_{ne} = \left(\frac{TC E_i}{10^6}\right)^b = 0,662 \dots\dots\dots(20)$$

$$k_\theta = \left[\frac{E(10^\circ; 10 \text{ Hz})}{E(20^\circ; 10 \text{ Hz})}\right]^{0,5} = 1,34 \dots\dots\dots(21)$$

$$k_f = 10^{-tb\delta} = 0,71 \dots\dots\dots(22)$$

Les paramètres $E(10^\circ; 10 \text{ Hz})$, $E(20^\circ; 10 \text{ Hz})$, t , b , SN , SH sont extraits des tableaux mentionnés ci-dessous :

Tableau IV.11 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10 Hz) (Mpa)	ϵ_6 (10°, 25Hz) (10 ⁻⁶)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	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

Tableau IV.12 : Risques adoptés pour RP1

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

Tableau IV . 13: Valeurs de t en fonction de r

r%	2	3	5	7	10	12
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175
r%	20	23	25	30	35	1,036

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

$$\varepsilon_{t,adm} = 0,0001 \times 0,662 \times 1,34 \times 0,71 \times 1,3$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 8,18 \times 10^{-5} \mu_{def} = 81,8 \text{ def}$$

IV.2.3.2.2 Calcul des déformations de traction :

Le calcul des déformations de traction a été effectué à l'aide du logiciel Alizé-LCPC. Dans notre cas, le calcul est réalisé à la base de la couche bitumineuse inférieure (GB). La structure introduite correspond à 8 cm de béton bitumineux (BB), 13 cm de grave-bitume (GB), 13 cm de grave-bitume (GB) et un sol support de module égal à 50 MPa. La valeur de traction lue au point critique est $\epsilon_t = 74,4$ def.

Structure de base					épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type								
collé	0.08	4000	0.35	autre	0.080	4000.0	0.350	0.000	39.5	0.313	23.5	0.658
						collé		0.080	16.2	0.262	68.4	0.570
	0.13	7000	0.35	autre	0.130	7000.0	0.350	0.080	16.2	0.427	30.3	0.570
						collé		0.210	-20.1	-0.118	34.8	0.178
collé	0.13	7000	0.35	autre	0.130	7000.0	0.350	0.210	-20.1	-0.118	34.8	0.178
						collé		0.340	-74.4	-0.734	70.0	0.015
collé	infini	50	0.25	autre	infini	50.0	0.250	0.340	-74.4	0.000	292.5	0.015

Figure IV . 6 : Déformations de traction calculée

IV.2.3.2.3 Vérification des déformations :

$$\epsilon_{t,adm} > \epsilon_t \dots\dots\dots(23)$$

$$81,8 \text{ def} > 74,4 \text{ def}$$

Comme la déformation admissible de traction est supérieure à la déformation de traction calculée, la condition de vérification est satisfaite. On conclut donc que les déformations de traction de la structure proposée sont vérifiées.

IV.3. CONCLUSION:

Au terme de cette étude de dimensionnement, la méthode du catalogue algérien a été retenue comme solution la plus adaptée à notre projet. En effet, contrairement à la méthode CBR qui se base principalement sur la portance du sol, la méthode du Catalogue prend en considération plusieurs critères, notamment le trafic, les caractéristiques des matériaux, les conditions de la plateforme ainsi que les retours d'expérience. Elle offre ainsi une approche plus globale et plus fiable pour le dimensionnement des chaussées. De plus, elle permet d'obtenir une solution techniquement satisfaisante et économiquement plus avantageuse pour les conditions de notre projet.

Les vérifications réalisées à l'aide du logiciel Alizé-LCPC ont montré que la structure choisie satisfait à la fois la condition sur les déformations verticales du sol support et la condition sur les déformations de traction à la base des couches bitumineuses. La structure proposée présente ainsi un comportement mécanique compatible avec la durée de vie de projet et les sollicitations attendues.

Structure retenue : 8 BB + 13 GB + 13 GB

CHAPITRE V

TRACÉ EN PLAN

V.1. INTRODUCTION :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par la projection de l'ensemble des points de la route sur un plan horizontal. Il est généralement constitué d'une succession d'alignements droits et d'arcs, raccordés entre eux par des courbes de transition progressive. Cette configuration est définie en fonction d'une vitesse de base, paramètre fondamental pour la détermination des caractéristiques géométriques de la route.

Le tracé en plan joue un rôle essentiel dans la sécurité et le confort des usagers. La conception doit donc veiller à optimiser la longueur des droites, la disposition des courbes ainsi que les rayons de courbure, en tenant compte de la vitesse de conception retenue. Ces paramètres influencent directement la visibilité, la stabilité du véhicule et la tolérance aux erreurs de conduite.

V.2. RECOMMANDATIONS POUR LA CONCEPTION DU TRACE EN PLAN D'UNE ROUTE :

Pour assurer une conception optimale du tracé en plan de notre projet, plusieurs recommandations doivent être prises en compte afin de maximiser la sécurité, le confort des usagers et l'efficacité économique.

- **Adaptation au terrain naturel** : il est préférable d'ajuster le tracé pour épouser au mieux les caractéristiques naturelles du terrain, afin de réduire les besoins en terrassement et de préserver l'environnement local.
- **Utilisation de grands rayons** : lorsque les conditions du terrain le permettent, l'emploi de grands rayons pour les courbes est recommandé afin d'améliorer la sécurité et d'augmenter la visibilité.
- **Respect de la longueur minimale des alignements droits** : il convient de maintenir, dans la mesure du possible, une longueur minimale pour les alignements droits, ce qui favorise une meilleure orientation et une plus grande stabilité pour les conducteurs.
- **Raccordement aux réseaux existants** : le tracé doit assurer une intégration efficace avec les infrastructures routières existantes afin de faciliter la continuité et l'accessibilité du réseau routier.
- **Préservation des terrains agricoles** : il est recommandé d'éviter autant que possible les tracés traversant les terres agricoles, notamment les zones arboricoles, afin de limiter l'impact sur l'activité agricole locale.

- **Gestion des franchissements d'oueds** : il est préférable d'éviter le franchissement des oueds lorsque cela est possible ; si un franchissement est nécessaire, il convient de le réaliser perpendiculairement à l'oued afin de limiter les coûts et les impacts environnementaux.

Ces recommandations permettent d'orienter le choix d'un tracé qui respecte à la fois les exigences techniques, les contraintes du site et les considérations environnementales et économiques.

V.3.VITESSE DE BASE :

Dans le cadre de notre projet routier, la vitesse de base ou de référence constitue un paramètre essentiel pour la définition des éléments géométriques du tracé. Pour le projet d'évitement Ouest de Ténès la vitesse de base de **60 km/h** a été retenue conformément aux recommandations du B40, puisque l'itinéraire étudié est une route de catégorie 2, située dans un environnement E3 et traversant le relief accidenté de la région de Dahra. De plus, le tracé comporte plusieurs carrefours giratoires ainsi que des contraintes géométriques (courbes, pentes et emprises limitées), qui ne permettent pas l'adoption d'une vitesse plus élevée. Ainsi, la vitesse de 60 km/h constitue un compromis garantissant la sécurité des usagers, le respect des normes géométriques et une intégration optimale du projet dans son environnement.

V.4. LES ELEMENTS CONSTITUANT LE TRACÉ EN PLAN :

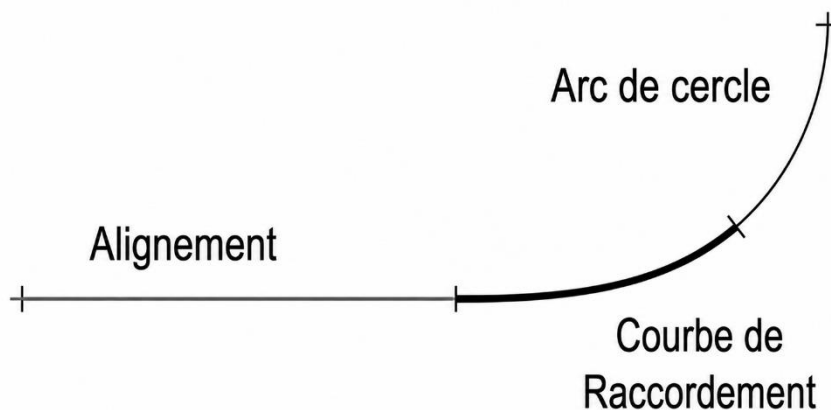


Figure V . 1 : Éléments constituant le tracé en plan

V.4.1 Les alignements :

Bien que la ligne droite soit géométriquement l'élément le plus simple et le plus couramment utilisé, son emploi dans le tracé des routes demeure limité par son adaptation parfois insuffisante au paysage et par la monotonie qu'elle peut engendrer pour les conducteurs. Il est ainsi recommandé d'insérer une longueur minimale d'alignement droit entre deux courbes circulaires de même direction.

Les règles relatives à la longueur des alignements, selon la norme B40, sont les suivantes :

$$L_{min}(m) = 5 \times \frac{V}{3,6} \dots\dots\dots 24$$

$$L_{max}(m) = 60 \times \frac{V}{3,6} \dots\dots\dots 25$$

Pour notre projet, avec une vitesse de base $V = 60$ km/h, les longueurs limites à retenir sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau V . 1 : Longueurs limites des alignements droits

Vitesse de base V_B (km/h)	60
L_{min} (m)	83,33
L_{max} (m)	1000

V.4.2 Arc de cercle:

V.4.2.1. Facteurs limitant le choix du rayon des courbes :

Le choix du rayon des courbes dans la conception d'un tracé routier est principalement limité par les facteurs suivants :

- **Stabilité des véhicules** : la stabilité doit être assurée pour permettre aux véhicules de négocier les courbes en toute sécurité, sans risque de dérapage ni de renversement.
- **Adaptation des véhicules longs** : les courbes de faible rayon peuvent être défavorables aux véhicules longs, qui risquent de présenter des difficultés à se maintenir dans leur voie.

- **Visibilité dans les tranchées en courbe** : une visibilité suffisante doit être maintenue pour les conducteurs, particulièrement dans les zones où les courbes sont implantées en tranchée.

En conséquence, il est conseillé de retenir, lorsque cela est possible, le rayon le plus grand possible tout en respectant les valeurs minimales prescrites afin de garantir la sécurité et la fonctionnalité de la route.

V.4.2.2. Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

Le rayon horizontal minimal absolu est défini comme étant le rayon correspondant au dévers maximal:

$$RH_m = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} \dots\dots\dots 26$$

Avec :

- f_t : coefficient de frottement transversal
- d_{max} : dévers maximal
- V_r : vitesse de référence

Pour chaque valeur de V , on peut ainsi définir une série de couples (R , d).

V.4.2.3. Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal représente le rayon minimal associé à la vitesse de référence immédiatement supérieure. À ce rayon est associé un dévers réduit de 2 % pour la catégorie de route considérée.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \dots\dots\dots 27$$

V.4.2.4. Rayon minimal normal (RHd) :

Il s'agit du rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage de manière à ce que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V reste équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHd = \frac{(V_r)^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \dots\dots\dots 28$$

Pour la catégorie 2, on adopte : $d_{min} = 2,5 \%$.

V.4.2.5. Rayon minimal non déversé (RH_{nD}) :

Le rayon minimal non déversé est le rayon pour lequel l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant la courbe à la vitesse V , avec un dévers égal à $d_{\min}$ vers l'extérieur, reste inférieure à la valeur limite admissible.

$$RH_{nD} = \frac{V_r^2}{127 \times d_{\min}} \dots\dots\dots 29$$

Pour notre projet, situé dans un **environnement E3**, classé en **catégorie 2** et avec une **vitesse de base de 60 km/h**, les valeurs minimales des rayons retenues conformément à la norme B40 sont données dans le tableau suivant :

Tableau V . 2 : Valeurs des dévers minimaux et maximaux

Environnement	Facile	Moyen	Difficile
Devers			
Devers Minimal			
– Cat. 1-2	2,5%	2,5%	2,5%
– Cat. 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
– Cat. 1-2	7%	7%	7%
– Cat. 3-4	8%	8%	7%
– Cat. 5	9%	9%	9%

Tableau V . 3 : Coefficients de frottement transversal en fonction de la vitesse

Catégorie		Vitesse (Km/h)
------------------	--	-----------------------

	Coefficient de frottement	120	100	80	60	40
1 - 2	Transversal f_t	0,10	0,11	0,13	0,16	0,20
3 - 4 - 5	Transversal f_t	0,11	0,125	0,15	0,18	0,22

Tableau V . 4 :Rayons minimaux retenus pour le tracé en plan

Rayons	Symbole	Valeurs (m)
Rayon horizontal minimal absolu (7 %)	RHm	125
Rayon minimal normal (5 %)	RHN	250
Rayon au dévers minimal (2,5 %)	RHd	5500
Rayon minimal non déversé (-2,5 %)	RHnD	800

V.4.3. Dévers en alignement:

En alignement, le dévers a pour rôle d'assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Pour notre projet, la valeur minimale retenue est $d_{\min} = 2,5 \%$.

V.4.4. Les raccordements progressifs (clothoïdes) :

La clothoïde est une spirale dont le rayon de courbure diminue progressivement, depuis l'infini à l'origine jusqu'à la valeur du cercle auquel elle se raccorde. Sa courbure est directement proportionnelle à la longueur parcourue. Lorsqu'elle est suivie à vitesse constante, elle permet une variation progressive de l'accélération transversale et améliore sensiblement le confort des usagers

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

En posant :

$$\frac{1}{C} = A^2$$

On obtient alors :

$$L \times R = A^2 \dots\dots\dots 30$$

- A : Paramètre de la clothoïde
- R : Rayon de courbure
- L : Longueur de raccordement

La longueur du raccordement progressif doit être suffisante pour satisfaire les conditions suivantes :

V.4.4.1 Condition de confort optique :

Cette condition assure une transition visuelle progressive, permettant au conducteur de s'adapter graduellement à la courbure de la route.

pour R=250m :

$$L_1 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \dots\dots\dots 31$$

$$L_1 \geq \sqrt{24 \times 250 \times 1}$$

$$L_1 \geq 77,46$$

avec: Le ripage $\Delta R=1$

V.4.4.2 Condition de confort dynamique :

Cette condition vise à offrir une conduite plus confortable en réduisant les changements brusques de direction et les efforts latéraux exercés sur les usagers.

$$L_2 \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - d \right) \dots\dots\dots 32$$

$$L_2 \geq \frac{60^2}{18} \left(\frac{60^2}{127 \times 250} - 0,075 \right)$$

$$L_2 \geq 7,68 \text{ m}$$

avec:

- variation de dévers $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{initial}} = 5\% - (-2.5\%) = 7.5\%$
- V_B : vitesse de base

- **d** : dévers associé

V.4.4.3 Condition de gauchissement :

Cette condition permet une adaptation progressive du véhicule à la courbure, en réduisant le stress mécanique sur les véhicules et en améliorant la stabilité de la trajectoire.

$$L_3 \geq d \times I \times V_B \dots\dots\dots 33$$

Avec : **I** : largeur de la chaussée ; dans notre cas, elle est prise égale à **7 m**.

$$L_3 \geq 7 \times 60 \times 0,05$$

$$L_3 \geq 21 \text{ m}$$

V.4.4.4 La longueur de la clothoïde :

La longueur de la clothoïde est :

$$L = \max(L1, L2, L3) \dots\dots\dots 34$$

$$L = \max(77,46, 7.68, 21)$$

$$L = 77,46 \text{ m}$$

V.4.4.5 Paramètre de Clothoïde A :

Paramètre de clothoïde A est :

$$A = \sqrt{L \times R} \dots\dots\dots 35$$

$$A = \sqrt{77,46 \times 250}$$

$$A = 139 \text{ m}$$

V.4.4.6 Vérification paramètre de clothoïde A :

Vérification de la condition

$$\frac{R}{3} \leq A < R \dots\dots\dots 36$$

$$\frac{250}{3} \leq 139 < 250$$

$$83,3 \leq 139 < 250$$

V.5. CONCLUSION :

Ce chapitre a permis de définir le tracé en plan du projet en tenant compte des contraintes du terrain et des exigences géométriques liées à la vitesse de base, aux rayons de courbure et à la sécurité des usagers.

Le tracé retenu assure une bonne continuité de l'axe, une adaptation acceptable au relief et un niveau de confort satisfaisant pour la circulation. Il constitue ainsi une base fiable pour la suite de l'étude, notamment le profil en long, les profils en travers et les terrassements.

CHAPITRE VI
PROFIL EN LONG

VI.1. INTRODUCTION :

Le profil en long correspond à la représentation verticale de l'axe de la route. Il permet d'apprécier l'évolution altimétrique du projet et de vérifier la continuité du tracé dans le sens longitudinal. Son étude est donc indispensable pour assurer une progression régulière de la chaussée et pour anticiper les points particuliers du relief.

Il est constitué par une succession d'éléments droits, raccordés entre eux par des courbes paraboliques. Ces raccordements assurent une transition progressive entre les différentes déclivités, améliorent le confort de conduite, favorisent la visibilité et participent à une bonne évacuation des eaux superficielles.

VI.2. REGLES A RESPECTER POUR LE PROFIL EN LONG D'UNE ROUTE :

L'établissement du profil en long doit se faire en respectant un ensemble de recommandations techniques et fonctionnelles, notamment :

- **Respect des normes géométriques** : adopter les valeurs limites prévues par les règlements en vigueur afin de garantir la sécurité et la conformité du projet.
- **Évacuation des eaux** : éviter les zones favorisant la stagnation et privilégier, lorsque cela est possible, un léger remblai permettant un bon écoulement des eaux.
- **Équilibre des terrassements** : rechercher une répartition raisonnable entre déblais et remblais afin de limiter les coûts et les impacts sur l'environnement.
- **Maîtrise des hauteurs de remblai** : éviter les remblais excessifs qui peuvent poser des problèmes de stabilité et augmenter les dépenses de réalisation.
- **Coordination avec le tracé en plan** : assurer une cohérence entre les courbes horizontales et les variations verticales du projet.
- **Intégration au site** : adapter le profil aux grandes formes du terrain naturel pour obtenir une insertion satisfaisante dans le paysage.

VI.3. COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG :

La coordination entre le tracé en plan et le profil en long est un aspect important de la conception routière. Elle permet d'assurer une lecture claire de l'itinéraire, de préserver la visibilité et d'améliorer le confort des usagers.

- Le tracé en plan définit la géométrie horizontale de la route, notamment les alignements, les courbes et les raccordements progressifs.
- Le profil en long définit la géométrie verticale de l'axe, à travers les rampes, les pentes et les raccordements paraboliques.
- Une bonne cohérence entre ces deux éléments permet d'éviter les changements brusques de direction ou d'altitude et contribue à une conduite plus sûre.

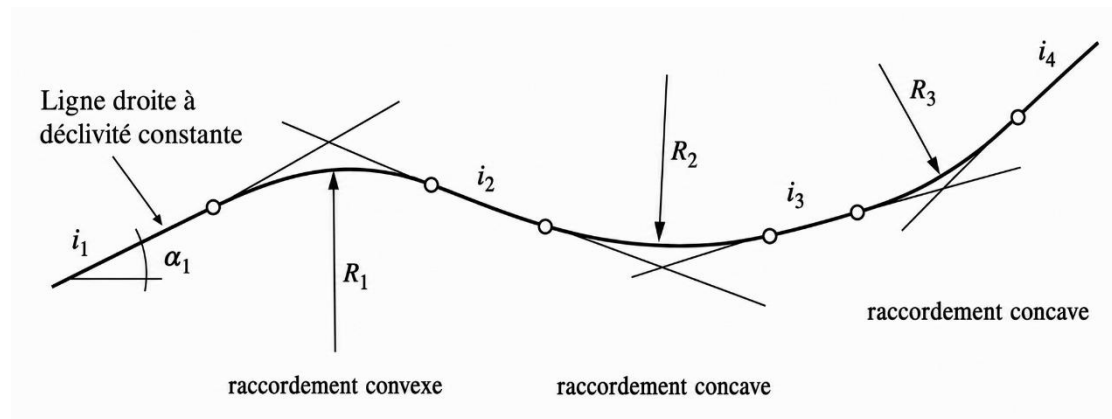


Figure VI . 1 : Éléments constituant le profil en long

VI.4. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG :

VI.4.1. Déclivité :

VI.4.1.1. Déclivité minimale :

Il est recommandé d'éviter les déclivités trop faibles, notamment celles inférieures à 0,5 %, car elles peuvent entraîner une mauvaise évacuation des eaux et provoquer leur stagnation sur la chaussée.

Dans notre cas, la déclivité minimale retenue est :

$$I_{min} = 1 \%$$

VI.4.1.2. Déclivité maximale :

La déclivité maximale doit rester limitée, surtout sur les tronçons longs, afin de ne pas réduire fortement la vitesse des véhicules et de ne pas augmenter l'effort demandé aux poids lourds. Elle permet également de limiter l'usure des véhicules et d'assurer de meilleures conditions de sécurité.

Tableau VI . 1 : Valeurs de la déclivité maximale

Vr (km/h)	40	60	80	100	120	140
I_{max} (%)	8	7	6	5	4	4

Dans notre cas, pour la vitesse de base adoptée, on retient :

$$I_{max} = 7 \%$$

Justification de la dérogation des déclivités

Les pentes supérieures à 7 % observées sur certains axes (Axe 02, Axe 03 et Axe 05) résultent des contraintes topographiques de la région de Dahra, caractérisée par un relief accidenté. Afin de limiter les volumes de déblais et de remblais, de réduire le coût des travaux et d'éviter des modifications importantes du terrain naturel, il a été nécessaire d'adopter localement des déclivités supérieures à la valeur recommandée. Cette dérogation est justifiée par les contraintes du site. Par ailleurs, afin de garantir la sécurité des usagers, une signalisation verticale adaptée (panneaux annonçant les fortes pentes et limitation de vitesse) a été prévue au niveau de ces sections, conformément aux exigences de sécurité routière

VI.4.2. Rayons minimaux :**VI.4.2.1. Rayon minimal en angle saillant (convexe) :**

Les raccordements verticaux en angle saillant doivent être dimensionnés de manière à garantir une visibilité suffisante. Les rayons minimaux sont donc fixés en tenant compte de la position de l'œil du conducteur, des obstacles éventuels ainsi que des distances de visibilité nécessaires

Tableau VI . 2 : Rayons en angle saillant

Rayon RV	V_r	120	100	80	60	40
	Symbole					
<u>CATÉGORIES 1 - 2</u>						
<u>unidirectionnel</u>						
. min. absolu	RVm	12.000	6.000	2.500	1.000	300
. min. normal	RVN	18.000	12.000	6.000	2.500	1.000
<u>bidirectionnel</u>						
. min. absolu	RVm	20.000	10.000	4.500	1.500	500
. min. normal	RVN	20.000	20.000	10.000	4.500	1.500
. dépassement	RVD	30.000	20.000	11.000	6.000	2.500

Pour notre projet, les valeurs retenues sont :

$$RVm = 1\,000\,m$$

$$RVN = 2\,500\,m$$

VI.4.2.2. Rayon minimal en angle rentrant (concave) :

Dans les raccordements en angle rentrant, la visibilité nocturne constitue un critère important. Le rayon doit permettre aux phares des véhicules d'éclairer une distance suffisante pour que le conducteur puisse percevoir les obstacles à temps.

Tableau VI . 3 : Rayons en angle rentrant

Rayon R'V	V_r Symbole	120	100	80	60	40
<u>CATEGORIES 1 - 2</u>						
. min. absolu	R'Vm	4.200	3.000	2.400	1.200	500
. min. normal	R'VN	6.000	4.200	3.000	2.400	1.200
<u>CATEGORIES 3 - 4 - 5</u>						
. min. absolu	R'Vm	3.500	2.400	1.600	1.100	500
. min. normal	R'VN	4.500	3.500	2.400	1.600	1.100

Pour notre projet, les valeurs retenues sont :

$$R'Vm = 1\,200\,m$$

$$R'VN = 2\,400\,m$$

CHAPITRE VII
PROFIL EN TRAVERS ET
CUBATURES

VII.1. INTRODUCTION :

Le profil en travers constitue l'une des composantes essentielles de la conception géométrique d'une route. Il représente la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances suivant une direction perpendiculaire à l'axe du projet.

Son étude permet de définir la largeur de la chaussée, le nombre de voies, les accotements, le terre-plein central, les dispositifs d'assainissement latéraux ainsi que les talus en remblai ou en déblai. Le profil en travers influence directement la sécurité, le confort de circulation, l'évacuation des eaux et les volumes de terrassement.

Dans le cadre du projet de réalisation de l'évitement Ouest de Ténès, le profil en travers doit être cohérent avec la catégorie de la route, le trafic prévu, l'environnement traversé et les contraintes topographiques du site.

VII.2. DEFINITION DU PROFIL EN TRAVERS :

Le profil en travers est une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route. Il décrit l'organisation latérale de la plate-forme routière et permet de visualiser les différents éléments qui composent la section courante de l'infrastructure.

Il précise notamment la disposition des voies de circulation, des accotements, des fossés, des talus, des bermes éventuelles et, dans le cas d'une route à chaussées séparées, du terre-plein central.

Le choix du profil en travers dépend principalement du débit de trafic à écouler, du niveau de service recherché, de la fonction de l'itinéraire et des contraintes naturelles rencontrées le long du tracé.

VII.3. TYPES DE PROFILS EN TRAVERS :

Dans une étude routière, on distingue généralement deux types de profils en travers : le profil en travers type et les profils en travers courants.

VII.3.1. Profil en travers type

Le profil en travers type est une section de référence qui regroupe l'ensemble des éléments constitutifs de la route. Il sert de modèle pour la conception de la chaussée et de ses dépendances dans les différentes situations rencontrées : alignement droit, courbe, déblai, remblai ou section mixte.

Il permet de fixer les largeurs adoptées pour les voies, les accotements, le terre-plein central, les fossés et les talus. Il est donc utilisé comme base pour la modélisation du projet dans les logiciels de conception routière.

VII.3.2. Profils en travers courants :

Les profils en travers courants sont établis à intervalles réguliers le long de l'axe de la route. Ils traduisent l'adaptation du profil type au terrain naturel et permettent d'apprécier, pour chaque section, les situations de remblai, de déblai ou de profil mixte.

Ces profils sont indispensables pour vérifier l'intégration de la plate-forme dans le relief, contrôler les talus, positionner les fossés et préparer les calculs de terrassement.

VII.4. ELEMENTS CONSTITUTIF :

VII.4.1. La chaussée :

La chaussée est la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en générale assure les déplacements des usagers et le transport des marchandises, quelles que soient les conditions météorologiques, dans des conditions de sécurité et de confort adapté au type d'itinéraire.

VII.4.2. La largeur roulable :

La largeur roulable est définie comme étant la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures ; elle comprend, donc outre la chaussée, proprement dite toutes les sur-largeurs éventuelles telles que bande dérasée et bande d'arrêt. VII.3.3. La plate-forme La plate-forme d'une route désigne, au sens géométrique, la surface de la route qui comprend la ou les chaussées, les accotements et éventuellement les terre-pleins. Elle peut aussi désigner la structure qui supporte la chaussée.

VII.4.4. Assiette :

C'est la surface totale de terrain nécessaire à la réalisation de la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai crêtes en talus déblai.

VII.4.5. L'emprise :

L'emprise d'une route désigne la surface du terrain occupé par la route et toutes les dépendances indispensables à sa tenue, à savoir la plate-forme, les fossés et les talus, ainsi que l'ensemble des espaces ou voies nécessaires à son entretien ou à son exploitation.

VII.4.6. Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :
 Une bande de guidage. Une bande d'arrêt. Une berme extérieure.

VII.4.7. Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :
 Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage). Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

VII.4.8. Fossé :

Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

Profil en travers type de la section courante à 2x2 voies

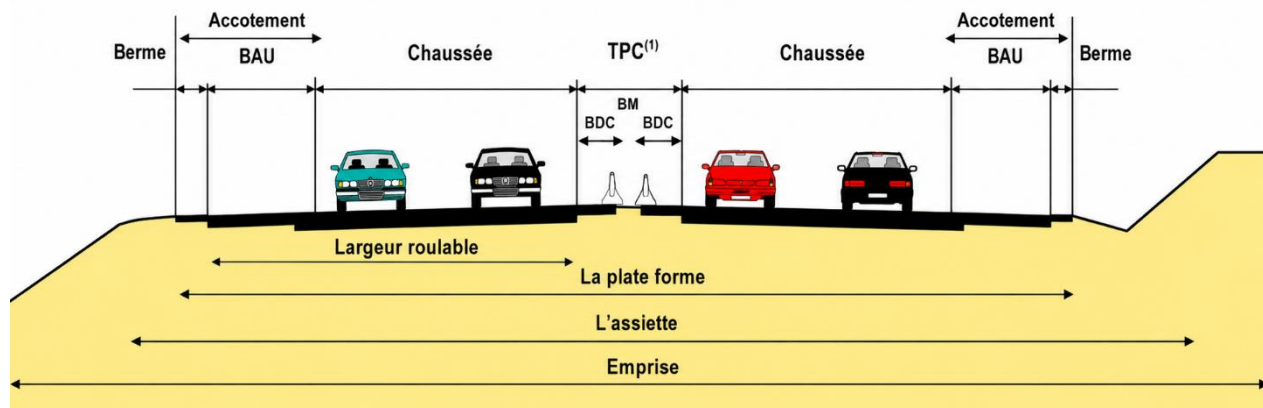


Figure VII . 1 : Schéma simplifié des éléments d'un profil en travers

VII.5. APPLICATION AU PROJET :

Selon le calcul de capacité effectué dans le volet étude de trafic, le dédoublement de la route est nécessaire à partir de 2026. Ceci étant, on propose le profil en travers type suivant :

Tableau VII . 1 : les dimensions des éléments de profil en travers

Chaussée	TPC	Accotement	Largeur totale
2 × 7,60 m 2 × 3,50 m + 2 × 0,30 m (BDG / BDD)	2,00 m	2 × 2,00 m	21,20 m

VII.6. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

VII.5.1. Résultats des calculs des cubatures :

Pour le calcul automatique des cubatures on a utilisé le logiciel (covadis, Autopiste) les résultats sont en annexes. On trouve les volumes totaux suivants :

- **BB** = 6384 m³
- **GB** = 20748 m³
- **GNT (couche de forme)** = 47880 m³

Tableau VII . 2 : Récapitulatif des volumes de terrassement

TERRASSEMENTS			
N°	DÉBLAI Volume (m³)	REMBLAI Volume (m³)	SOLDE Déblai - Remblai (m³)
1	32389,3	5604,4	26784,9
2	226247,2	35448,2	190799
3	87752	33630,7	54121,3
4	19839,3	969,9	18869,4
5	1054923,2	376899,7	678023,5
Total	1421151	452552,9	968598,1

CHAPITRE VIII
CONCEPTION DE
CARREFOUR

VIII.1. INTRODUCTION :

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

VIII.2. TYPES DE CARREFOUR :

Les principaux types de carrefour sont :

- Carrefour a trois branches en T
- Carrefour a trois branches en Y
- Carrefour a quatre branches en croix C
- carrefour type giratoire

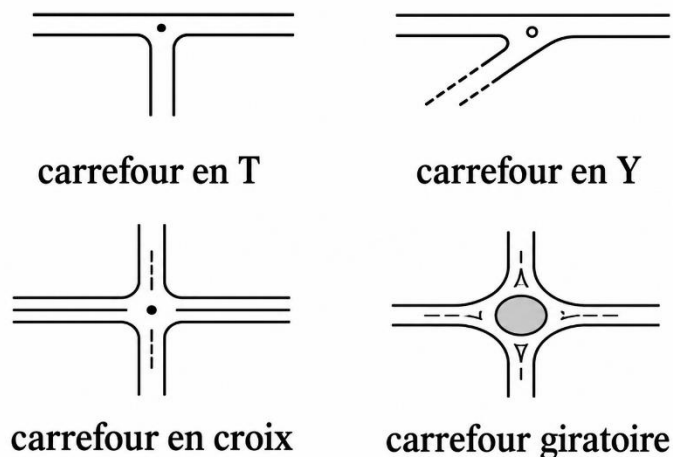


Figure VIII . 1 : Types de carrefour

Dans notre cas, cinq carrefours sont prévus le long du tracé. Ils sont tous aménagés sous forme de carrefours giratoires, afin d'assurer une meilleure organisation des mouvements de circulation et d'améliorer les conditions de sécurité.

D'après les plans d'aménagement, les carrefours n°1, n°4 sont des carrefours giratoires à quatre branches, tandis que les carrefours n°2 et n°3 et n°5 sont des carrefours giratoires à trois branches. Cette classification dépend du nombre de voies raccordées à l'anneau de circulation de chaque giratoire.

VIII.3. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

- Assurer la sécurité de tous les usagers (automobilistes, piétons) Assurer une bonne visibilité de carrefour
- Garantir la fluidité et une capacité d'écoulement du trafic adaptée à la demande.
- Offrir une excellente visibilité et une lisibilité immédiate de la géométrie des voies.
- Adapter le rayon de braquage et la largeur des chaussées pour le passage des véhicules lourds.
- Optimiser la gestion du drainage et de l'évacuation des eaux de pluie sur la zone d'intersection.

VIII.4. AMENAGEMENT DES CARREFOURS :

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

VIII.4.1. Premier carrefour :

Le premier carrefour giratoire du projet est situé au point kilométrique PK 00+000. Il constitue le point de raccordement entre l'origine de l'évitement, la RN11, l'accès vers la ville de Sidi Akkacha et la RN19. Ce giratoire à quatre branches permet d'organiser les différents mouvements de circulation, tout en assurant une meilleure sécurité au niveau de l'intersection.

La numérotation des branches est effectuée à partir de la branche correspondant à l'origine du projet, puis dans le sens des aiguilles d'une montre.

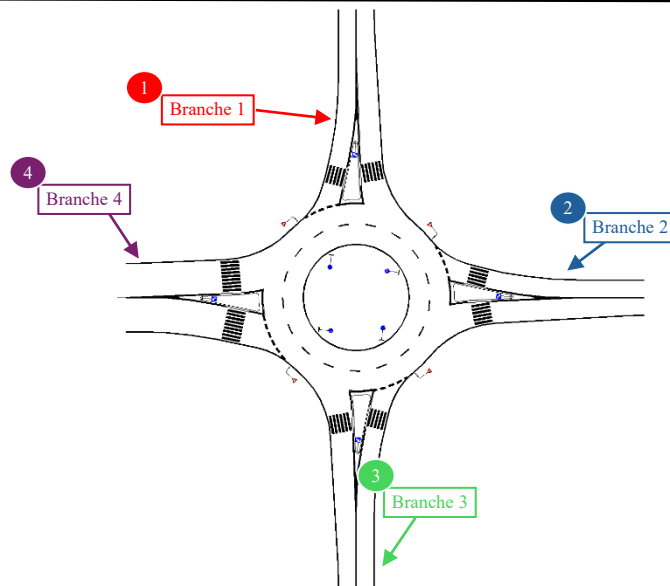


Figure VIII . 2 : Vue en plan sur le premier carrefour

VIII.4.2. Deuxième carrefour :

Le deuxième carrefour giratoire est situé sur le tracé de l'évitement, aux environs du PK 01+210. Il s'agit d'un giratoire à trois branches permettant d'assurer la continuité de l'évitement ainsi que le raccordement avec la voie d'accès vers la ville de Sidi Akkacha. **La branche n°1** correspond à **la provenance du premier carrefour**, **la branche n°2** assure **la continuité de l'évitement vers la RN11**, tandis que **la branche n°3** permet **l'accès vers la ville de Sidi Akkacha**.

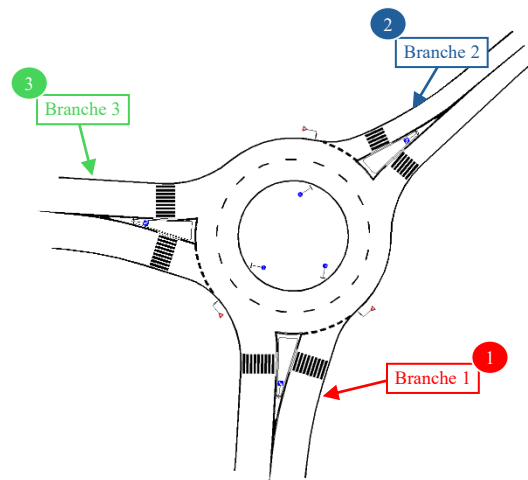


Figure VIII . 3 : Vue en plan sur le deuxième carrefour

VIII.4.3. Troisième carrefour :

Le troisième carrefour giratoire est situé sur le tracé de l'évitement, aux environs du PK 02+890. Il s'agit d'un giratoire à trois branches permettant d'assurer la continuité de l'évitement ainsi que le raccordement avec la voie d'accès vers la ville de Flita. **La branche n°1** correspond à la **provenance du carrefour précédent**, la **branche n°2** assure l'accès vers la **ville de Flita**, tandis que la **branche n°3** permet la **continuité de l'évitement vers la RN11**.

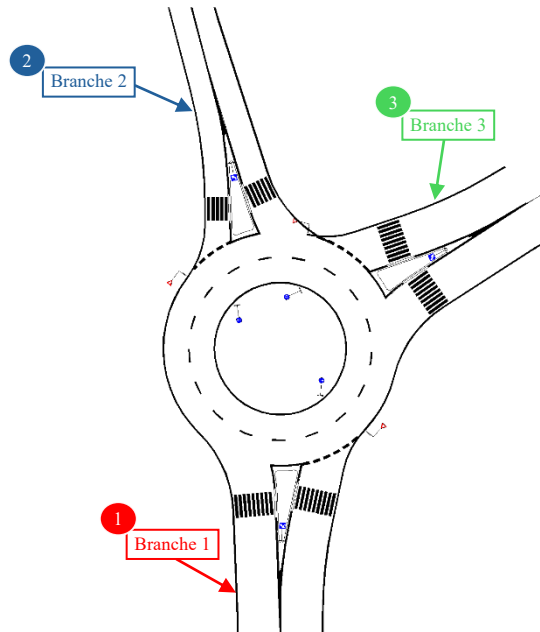


Figure VIII . 4 : Vue en plan sur le troisième carrefour

VIII.4.4. Quatrième carrefour :

Le quatrième carrefour giratoire est situé sur le tracé de l'évitement, aux environs du PK 04+160. Il s'agit d'un giratoire à quatre branches permettant d'assurer la continuité de l'évitement ainsi que le raccordement avec les voies d'accès vers la ville de Flita et vers la ville d'Ouled El Hadj Ahmed. **La branche n°1** correspond à la **provenance du carrefour précédent**, la **branche n°2** assure l'accès vers **Flita**, la **branche n°3** permet la **continuité de l'évitement vers la RN11**, tandis que la **branche n°4** assure l'accès vers la ville d'Ouled El Hadj Ahmed.

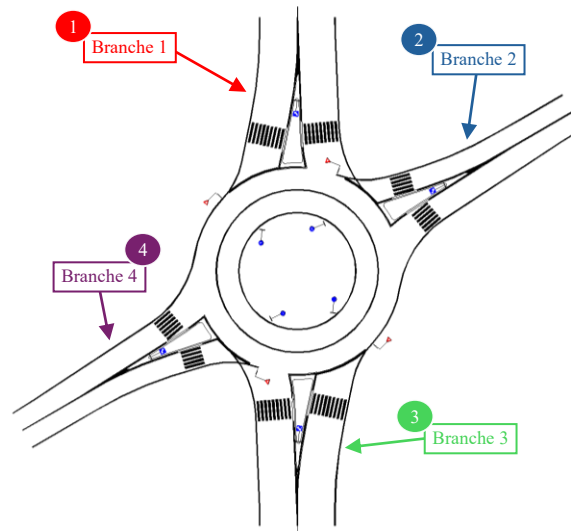


Figure VIII . 5 : Vue en plan sur le quatrième carrefour

VIII.4.5. cinquieme carrefour :

Le cinquième carrefour giratoire est situé sur le tracé de l'évitement aux environs du PK 4+800. Il s'agit d'un giratoire à trois branches permettant d'assurer la continuité de l'évitement ainsi que le raccordement avec la voie d'accès vers la ville de Zramna. **La branche n°1** correspond à la **provenance du carrefour précédent**, la **branche n°2** assure l'**accès vers la ville de Zramna**, tandis que la **branche n°3** permet la **continuité de l'évitement vers la RN11**.

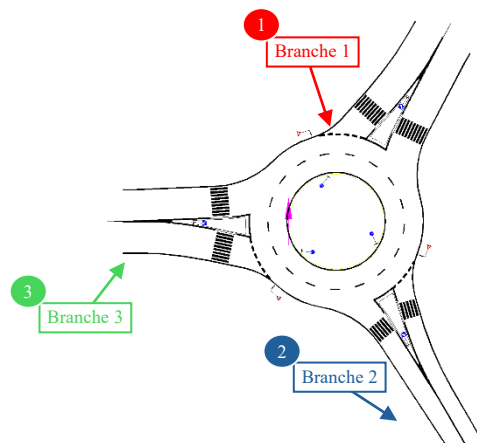


Figure VIII . 6 : Vue en plan sur le cinquième carrefour

Tableau VIII . 1 : Paramètres principaux du carrefour giratoire

Paramètres	Notations	Valeurs (en m)
Rayon du giratoire	R_g	20
Largeur de l'anneau	l_a	8.5
Rayon intérieur	R_i	11.5

Tableau VIII . 2 : Paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie

Paramètres	Notations	Voie en Dédoublément	Voie Bidirectionnelle
Rayon d'entrée	R_e	15	15
Largeur de la voie entrante	l_e	7	4
Rayon de sortie	R_s	20	20
Largeur de la voie sortante	l_s	7	4.5
Rayon de raccordement	R_r	80	80

Tableau VIII . 3 : Paramètres de construction des îlots séparateurs

Paramètres	Notation	Valeurs (en m)
Hauteur du triangle de construction	H	20
Base du triangle de construction	B	5.00
Départ de l'îlot sur l'axe	d	0.45
Rayon de raccordement des bordures	r	0.40

CHAPITRE IX
ASSAINISSEMENT

IX.1. INTRODUCTION :

L'assainissement routier constitue un élément indispensable dans la conception et la durabilité d'une infrastructure routière. Il regroupe l'ensemble des dispositions permettant de recueillir, guider et évacuer les eaux de ruissellement afin de protéger la chaussée, les accotements, les talus et le sol support.

Dans le cas du projet de réalisation de l'évitement Ouest de la ville de Ténès, reliant la RN11 à la RN19 par la localité de Flita, la gestion des eaux superficielles revêt une importance particulière en raison du relief accidenté, des versants exposés au ruissellement et de la présence de sols marneux sensibles à l'humidité. Une mauvaise évacuation des eaux peut provoquer l'érosion des talus, la saturation du sol support et la dégradation prématurée du corps de chaussée.

Ce chapitre présente les principes généraux de l'assainissement routier, ses objectifs principaux ainsi que les données climatiques et pluviométriques nécessaires à l'appréciation des conditions hydrologiques du site.

IX.2. OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT ET DU DRAINAGE :

L'assainissement d'une route a pour but principal d'éloigner l'eau de la plate-forme routière et de ses dépendances. Il vise à limiter les infiltrations, à assurer la continuité des écoulements naturels et à préserver la stabilité des ouvrages en remblai comme en déblai.

- assurer l'évacuation rapide et contrôlée des eaux pluviales ;
- protéger la chaussée contre les infiltrations susceptibles de diminuer la portance du sol support ;
- éviter la stagnation de l'eau sur la plate-forme et au voisinage des accotements ;
- réduire les phénomènes d'érosion au niveau des fossés, des talus et des exutoires ;
- maintenir la stabilité des remblais et des déblais dans les zones sensibles à l'eau ;
- améliorer la sécurité des usagers et réduire les coûts d'entretien de la route.

IX.3. CLIMAT ET PLUVIOMETRIE :

Le climat et la pluviométrie constituent des paramètres importants dans l'étude de l'assainissement routier, car ils permettent d'apprécier les apports d'eau susceptibles d'atteindre la chaussée et les dépendances de la route. La connaissance du régime climatique aide également à prévoir les périodes de ruissellement important et à adapter les ouvrages d'évacuation des eaux.

IX.3.1 Climat :

La zone d'étude appartient au domaine climatique méditerranéen. Ce climat se caractérise généralement par deux saisons bien marquées : une saison humide et relativement fraîche en hiver, et une saison sèche et chaude en été. Cette alternance influence directement l'état hydrique des sols et le comportement des matériaux marneux rencontrés dans le secteur du projet.

Le tracé de l'évitement Ouest de Ténès se développe dans un environnement côtier et montagneux, marqué par l'influence de la chaîne du Dahra. Dans ce type de relief, les précipitations peuvent être plus importantes sur les versants et les zones d'altitude, ce qui favorise le ruissellement superficiel et peut accentuer localement les phénomènes d'érosion.

Les pluies se concentrent principalement pendant la période humide. Elles peuvent générer des écoulements rapides vers les points bas, les talwegs et les exutoires naturels. À l'inverse, la période sèche favorise la dessiccation superficielle des sols fins, notamment les formations marneuses et argilo-marneuses, ce qui peut modifier leur comportement lors des premières pluies.

Pour l'étude de l'assainissement, ces caractéristiques climatiques imposent de prévoir un système de collecte et d'évacuation efficace, capable de protéger la chaussée, les accotements et les talus contre les effets du ruissellement et de l'infiltration.

IX.3.1.1 Les températures :

L'analyse des températures moyennes mensuelles de la wilaya de Chlef montre un contraste saisonnier net entre une période fraîche, correspondant principalement à l'hiver, et une période chaude qui s'étend sur les mois d'été. Ce comportement thermique est caractéristique du climat méditerranéen de la région et constitue un paramètre à prendre en considération dans l'étude de l'assainissement routier, notamment vis-à-vis de l'évaporation, de l'humidité du sol et de l'alternance entre humidification et dessiccation des matériaux superficiels.

D'après les données climatiques disponibles, la saison très chaude dure environ 2,8 mois, du 16 juin au 11 septembre. Durant cette période, la température maximale moyenne journalière dépasse généralement 34 °C. Le mois de juillet représente le mois le plus chaud, avec une température maximale moyenne de 38 °C et une température minimale moyenne de 23 °C.

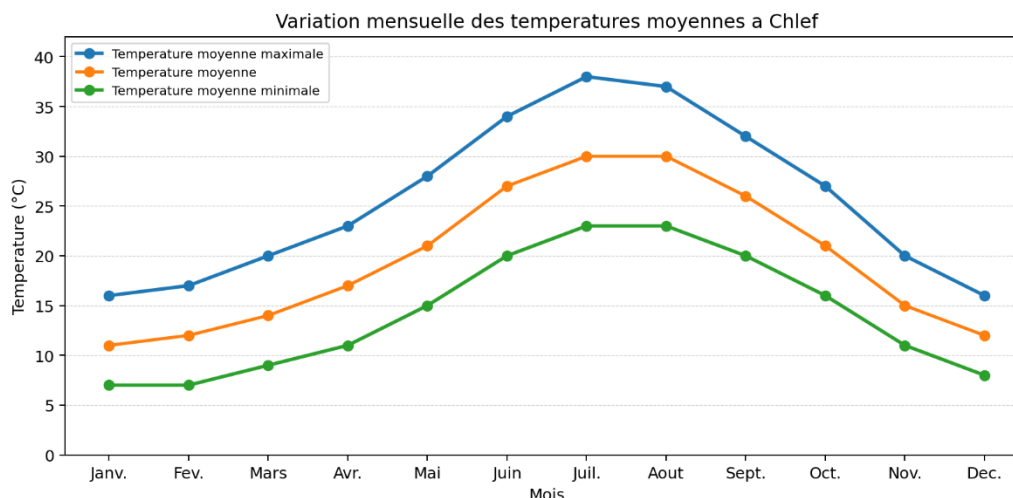


Figure IX. 1 : Variation mensuelle des températures maximale, moyenne et minimale à Chlef

La saison fraîche s'étend quant à elle sur environ 3,9 mois, du 18 novembre au 15 mars, avec une température maximale moyenne inférieure à 20 °C. Le mois de janvier constitue le mois le plus froid, avec une température minimale moyenne de 7 °C et une température maximale moyenne de 16 °C.

Tableau IX. 1 : Températures moyennes mensuelles de la région de Chlef

Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T. max (°C)	16	17	20	23	28	34	38	37	32	27	20	16
T. moy. (°C)	11	12	14	17	21	27	30	30	26	21	15	12
T. min (°C)	7	7	9	11	15	20	23	23	20	16	11	8

Les valeurs mensuelles montrent une hausse progressive des températures à partir du printemps, avec un maximum atteint en juillet et en août. À partir du mois de septembre, les températures diminuent progressivement jusqu'à la période hivernale. Cette évolution thermique favorise, en été, le dessèchement superficiel des sols fins et marneux, tandis qu'en période humide elle peut accentuer leur sensibilité à l'eau.

IX.3.2 Pluviométrie :

L'étude pluviométrique permet d'apprécier les quantités d'eau susceptibles d'être recueillies par la plate-forme routière, les talus et les bassins versants interceptés par le tracé. Elle constitue donc une donnée de base pour le choix et le dimensionnement des ouvrages d'assainissement, notamment les fossés, les buses, les dalots et les exutoires.

Les données pluviométriques considérées pour le présent projet couvrent la période 1990–2010. Elles concernent les stations représentatives de la région du Chélif occidental, à savoir Chlef, Domaine Si-Taïb et Oued Sly. Ces stations permettent d’apprécier la répartition mensuelle des précipitations et de mettre en évidence le caractère saisonnier des apports en eau.

IX.3.2.1. Précipitations mensuelles :

Les précipitations moyennes mensuelles présentent une variabilité nette au cours de l’année. La région étudiée se caractérise par deux périodes principales : une période pluvieuse, qui s’étend globalement de septembre à mai, et une période sèche, observée principalement de juin à août.

L’analyse des valeurs moyennes montre que les précipitations les plus importantes sont enregistrées pendant la saison humide, avec un maximum au mois de novembre. Les valeurs moyennes atteignent environ 48 mm à la station de Chlef, 44 mm à Domaine Si-Taïb et 38 mm à Oued Sly. À l’inverse, le mois de juillet constitue la période la plus sèche, avec des précipitations très faibles, de l’ordre de 1 à 2 mm selon les stations.

Tableau IX. 2 : Précipitations moyennes mensuelles des stations étudiées

Station	Jan.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Chlef (El Asnam)	41	41	32	36	31	3	2	5	21	31	48	41
Domaine Si-Taïb	39	42	32	34	27	4	1	5	34	27	44	36
Oued Sly	37	41	30	25	21	3	1	2	9	22	38	35

Cette répartition mensuelle confirme que les ouvrages d’assainissement doivent être dimensionnés en tenant compte des épisodes pluvieux concentrés sur la période automnale, hivernale et printanière. Elle montre également la nécessité de maintenir une bonne évacuation des eaux superficielles afin de limiter les risques d’érosion, de ravinement des talus et d’affaiblissement du sol support.

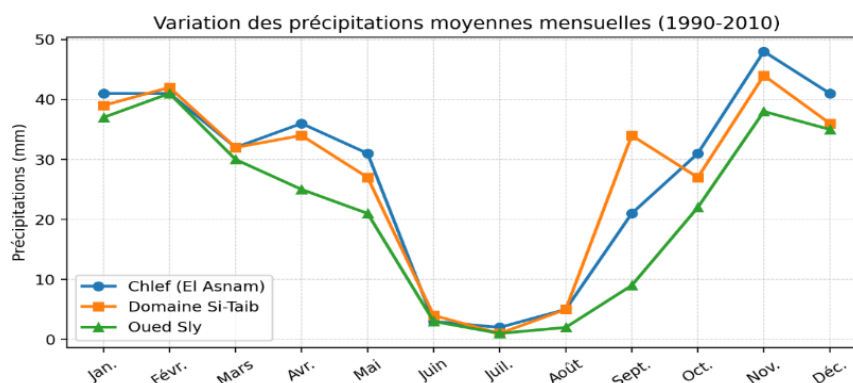


Figure IX. 2 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude

En résumé, la pluviométrie de la zone d'étude est marquée par une irrégularité saisonnière importante. Les précipitations sont concentrées pendant la période humide, tandis que l'été demeure très sec. Cette situation impose une conception soignée du réseau d'assainissement, capable d'évacuer rapidement les eaux de ruissellement pendant les périodes pluvieuses tout en protégeant la chaussée, les accotements et les talus.

IX.3.2.2. Précipitations annuelles :

L'analyse des précipitations annuelles permet d'apprécier l'irrégularité interannuelle des apports pluviométriques. Pour la zone d'étude, les données exploitées couvrent la période 1990–2010 et concernent les stations de Chlef, Domaine Si-Taïb et Oued Sly. Le module pluviométrique moyen annuel retenu pour la région est de l'ordre de 304 mm.

Les résultats montrent une variation sensible d'une année à l'autre. La valeur moyenne annuelle minimale est observée en 1993 avec environ 181 mm, tandis que la valeur maximale est enregistrée en 2009 avec environ 458 mm. Cette irrégularité doit être prise en compte dans l'étude d'assainissement, car les ouvrages doivent rester capables d'évacuer les eaux lors des années les plus humides.

Tableau IX. 3 : Synthèse des caractéristiques pluviométriques des stations étudiées

Paramètre	Chlef	Domaine Si-Taïb	Oued Sly
P moyenne interannuelle (mm)	332	316	264
Module moyen régional (mm)	304	304	304
Année la plus sèche	1993	1993	1993
Année la plus humide	2009	2009	2009

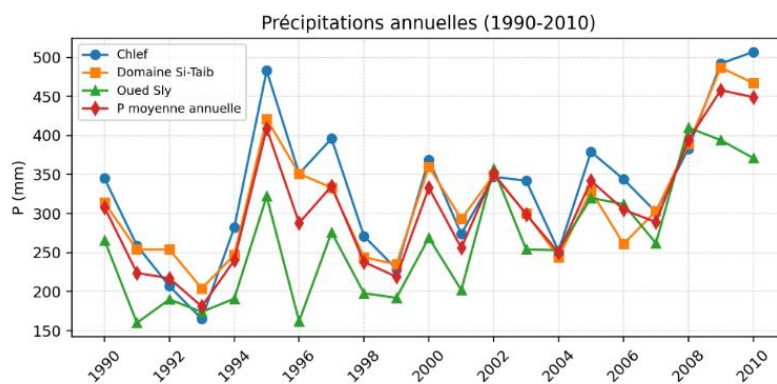


Figure IX. 3 : Variation des précipitations moyennes mensuelles dans la région d'étude

IX.3.2.3. Précipitations saisonnières :

La répartition saisonnière des précipitations met en évidence le caractère nettement méditerranéen du climat régional. Les apports les plus importants sont enregistrés en hiver pour l'ensemble des stations, avec des valeurs comprises entre 114 mm et 123 mm. Les précipitations du printemps et de l'automne restent également importantes, tandis que l'été constitue la saison la plus sèche.

Cette distribution saisonnière est particulièrement importante pour l'assainissement routier. En effet, la concentration des pluies durant l'automne, l'hiver et le printemps peut provoquer des écoulements rapides sur les versants, une augmentation du ruissellement et des risques d'érosion au niveau des talus et des fossés.

Tableau IX. 4 : Répartition saisonnière des précipitations des stations étudiées

Station	Automne	Hiver	Printemps	Été
Chlef	99	123	99	11
Domaine Si-Taïb	95	118	93	11
Oued Sly	69	114	76	6

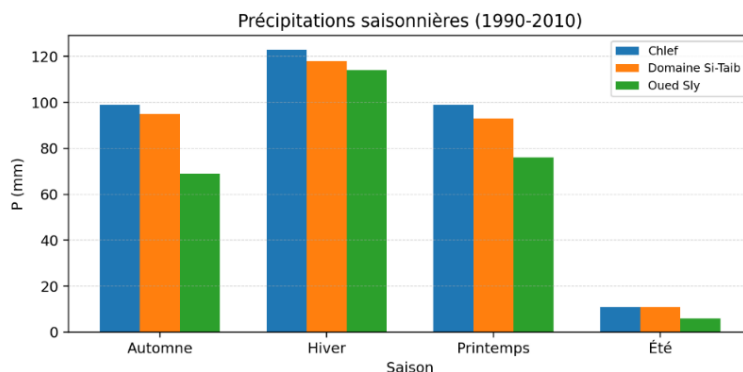


Figure IX. 4 : Comparaison des précipitations saisonnières des stations étudiées

En résumé, les précipitations de la zone d'étude se caractérisent par une irrégularité à la fois mensuelle, saisonnière et interannuelle. La saison humide s'étend globalement de septembre à mai, avec un maximum en hiver, alors que la période estivale demeure très sèche. Ces conditions confirment la nécessité de prévoir un réseau d'assainissement capable de collecter et d'évacuer rapidement les eaux de ruissellement, afin de préserver la chaussée, les accotements, les talus et la portance du sol support.

IX.4. ÉTUDE HYDROLOGIQUE :

L'étude hydrologique permet d'évaluer les apports en eau provenant des bassins versants interceptés par le tracé. Elle constitue une étape indispensable pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement, car les débits de pointe conditionnent directement le choix des buses, des dalots et des exutoires.

Dans le cas du présent projet, les bassins versants présentent des surfaces variables. L'analyse a donc été conduite en comparant plusieurs méthodes de calcul, afin de retenir pour chaque bassin un débit de projet suffisamment sécuritaire.

IX.4.1. Caractéristiques Morphométriques des Bassins Versants:

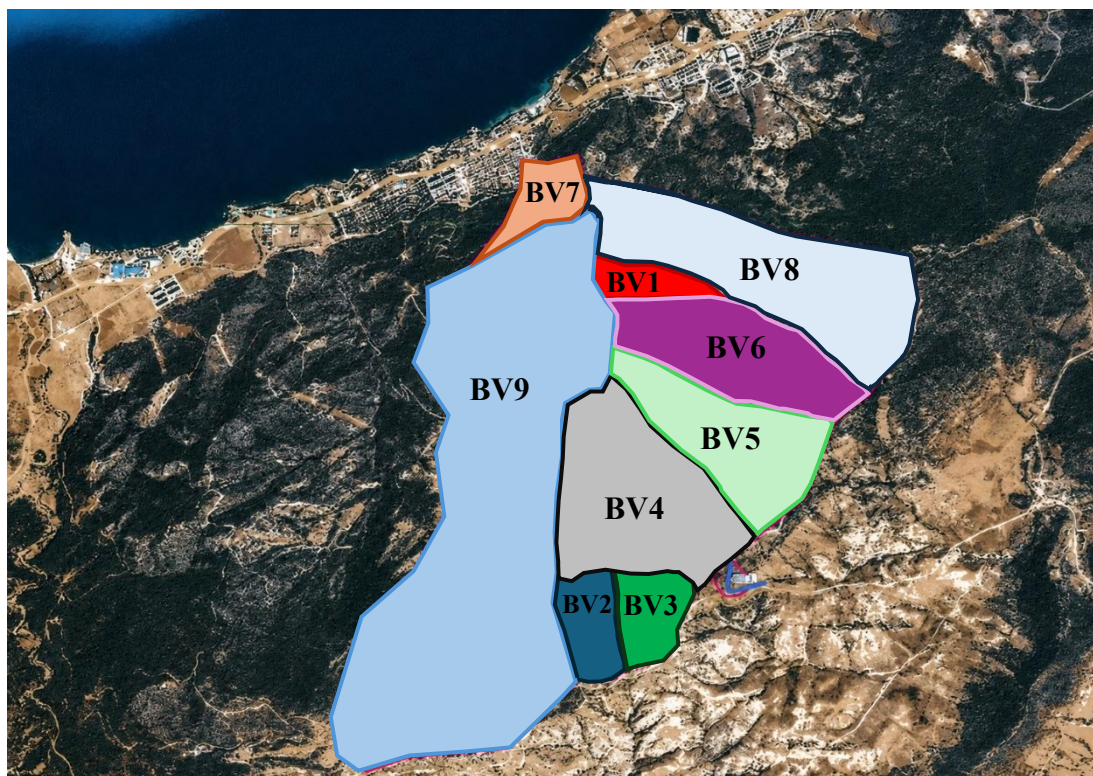


Figure IX. 5 : Localisation et délimitation des bassins versants de la zone d'étude

IX.4.1.1. Calcul de Surface, longueur, ΔH , pente:

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

IX.4.1.2. Temps de concentration (T_c) :

Le temps de concentration, qui est le temps maximal que prendrait une goutte d'eau pour parcourir cette distance, est calculé à l'aide de formules empiriques. Ces paramètres sont essentiels car ils influencent directement le débit de pointe, un critère crucial pour le dimensionnement des infrastructures de gestion des eaux pluviales. Le temps de concentration représente la durée qu'il faut à une goutte d'eau pour parcourir le trajet depuis le point le plus haut du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Ce paramètre est défini par les formules suivantes :

Formule de Kirpich

$$T_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times P^{-0,385} \dots\dots\dots 37$$

Formule Californienne

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times \left(\frac{L}{P^{0,5}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots 38$$

Formule Espagnole

$$T_c = 60 \times 0,3 \times \left(\frac{L}{P^{0,25}} \right)^{0,77} \dots\dots\dots 39$$

Formule de Turazza

$$T_c = 60 \times 108 \times (S \times L)^{0,33} \times P^{-0,5} \dots\dots\dots 40$$

Formule Ventura

$$T_c = 76,3 \times \left(\frac{S}{P} \right)^{0,5} \dots\dots\dots 41$$

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

- Tc : temps de concentration en minute
- L : longueur du bassin versant
- P : pente moyenne en m/m
- S : surface du bassin versant en Km²
- P (Ventura) : pente moyenne en %

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

Tableau IX. 5 : Temps de concentration calculés selon les différentes formules

CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION										
BV	Surface km ²	L Km	DH m	P %	Tc (min)					
					Kirpich	Californienne	Espagnole	Turazza	Ventura	Adopté
1	0,04	1,30	42,00	3,231	18,27	39,97	42,65	13,58	8,60	24,61
2	0,24	0,63	98,00	15,556	5,71	12,49	18,04	8,76	9,48	10,90
3	0,25	0,70	128,00	18,286	5,82	12,73	18,97	8,48	8,92	10,99
4	1,66	2,02	296,00	14,653	14,33	31,36	44,77	25,33	25,69	28,29
5	0,72	1,57	249,00	15,860	11,45	25,05	36,31	16,95	16,26	21,20
6	0,81	1,67	312,00	18,683	11,27	24,67	36,90	16,58	15,89	21,06
7	0,16	0,92	147,00	15,978	7,56	16,55	24,03	8,56	7,64	12,87
8	1,31	2,41	374,00	15,519	16,06	35,14	50,72	24,12	22,17	29,64
9	8,38	4,80	436,00	9,083	33,55	73,41	95,58	73,58	73,31	69,88

IX.5. ÉTUDE HYDRAULIQUE :

IX.5.1 Le débit du projet du bassin versant :

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

IX.5.1.1. Méthode rationnelle:

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

Formule de la méthode rationnelle :

$$Q_T = \frac{C_r \times I(t_c, T) \times A}{3,6} \dots\dots\dots 42$$

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

Tableau IX. 6 : Débits de projet calculés par la formule rationnelle

FORMULE RATIONNELLE								
BV	AIRE	Coefficient de ruissellement	L	DH	P	tc	I100	Q100
	km2		Km	m	%	min	mm/h	m3/s
1	0,04	0,50	1,30	42	3,2	24,61	56,32	0,32
2	0,24	0,50	0,63	98	15,6	10,90	89,39	2,98
3	0,25	0,50	0,70	128	18,3	10,99	88,99	3,09
4	1,66	0,50	2,02	296	14,7	28,29	52,04	12,00
5	0,72	0,50	1,57	249	15,9	21,20	61,29	6,13
6	0,81	0,50	1,67	312	18,7	21,06	61,52	6,92
7	0,16	0,50	0,92	147	16,0	12,87	81,35	1,81
8	1,31	0,50	2,41	374	15,5	29,64	50,69	9,22
9	8,38	0,50	4,80	436	9,1	69,88	31,17	36,28

Paramètres à Prendre en Compte pour la Méthode Rationnelle :

- QT : Débit en m3/s correspondant à la période de retour T
- T : période de retour
- A : Surface en km2
- Cr : Coefficient de ruissellement calculé suivant la table usuelle
- I (Tc, T) : Intensité de pluie en mm/h • Tc : Temps de concentration en min

IX.5.1.1.1 Détermination des Intensités de Pluie :

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

$$I = a \times T_c^{-b} \dots\dots\dots 43$$

Où :

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

Tableau IX. 7 : Paramètres de Montana retenus pour le calcul des intensités de pluie

T	100
a	346,31
b	0,567

IX.5.1.1.2 Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Il est choisit compte tenu de la nature du bassin versant en particulier de sa couverture du type de sol, de la pente, ainsi qu'en fonction du temps de retour de l'événement.

Le coefficient de ruissellement dépend des caractéristiques et conditions d'infiltration du sol, l'intensité de précipitation, de la proximité de la nappe phréatique, du degré de compactage du sol, de sa porosité, du couvert végétal, de la typologie d'occupation, de la pente du bassin, de la récurrence, etc...

IX.5.1.1.3 Période de retour T :

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

IX.5.1.2. Méthode MAC-MATH :

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

Formule de la méthode MAC-MATH :

$$Q = K \times P \times I^{-0,42} \times A^{0,58} \dots\dots\dots 44$$

Tableau IX. 8 : Débits de projet calculés par la formule de Mac-Math

FORMULE DE MAC-MATH						
N° B,V	Surface	K	P(24h)	Pente	Q100	Q100
	ha		mm	mm/m	l/s	m3/s
1	4,10	0,42	88,75	32,31	363,70	0,36
2	24,00	0,42	88,75	155,56	1 961,25	1,96
3	25,00	0,42	88,75	182,86	2 149,36	2,15
4	166,00	0,42	88,75	146,53	-	-
5	72,00	0,42	88,75	158,60	3 739,35	3,74
6	81,00	0,42	88,75	186,83	4 288,87	4,29
7	16,00	0,42	88,75	159,78	1 567,80	1,57
8	131,00	0,42	88,75	155,19	-	-
9	838,00	0,42	88,75	90,83	-	-

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

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

IX.5.1.2.1 PLUIE CENTENNALE DE 24 HEURES :

Dans le cadre de l'application de la méthode de Mac-Math, la hauteur de pluie maximale de 24 heures retenue correspond à la période de retour adoptée pour le dimensionnement hydraulique des ouvrages.

Dans notre cas, les calculs sont établis pour une période de retour de 100 ans. D'après les données pluviométriques disponibles pour la zone d'étude, la pluie maximale de 24 heures retenue est:

$$P(24h) = 88,75 \text{ mm}$$

Avec :

$P(24h)$: pluie centennale de 24 heures, exprimée en millimètres.

IX.5.1.3. Méthode Burklier-Ziegler :

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

Formule de la méthode Burklier-Ziegler :

$$Q = 0,0039 \times C \times H_{H1} \times A^{0,75} \times P^{0,25} \dots\dots\dots 45$$

Tableau IX. 9 : Débits de projet calculés par la formule de Burkli-Ziegler

FORMULE DE BURKLIER_ZIERGLER					
BV	AIRE	Coefficient de ruissellement	H1	Pente	Q100
	ha		mm	mm/m	m3/s
1	4,10	0,50	33,98	32,31	0,46
2	24,00	0,50	33,98	155,56	2,54
3	25,00	0,50	33,98	182,86	2,72
4	166,00	0,50	33,98	146,53	10,66
5	72,00	0,50	33,98	158,60	5,81
6	81,00	0,50	33,98	186,83	6,61
7	16,00	0,50	33,98	159,78	1,88
8	131,00	0,50	33,98	155,19	9,06
9	838,00	0,50	33,98	90,83	31,86

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

- Q : Débit de pointe en m³/s
- H_{1h} : Précipitation maximale en 1h en mm, $H_{1h} = a \times 60^{-b}$
- A : Surface du bassin versant en Ha
- C : Coefficient de ruissèlement
- P : pente moyenne du bassin versant en mm/m

IX.5.1.3.1 Calcul de H1h :

$$H_{1h} = 346,31 \times 60^{-0,567} = 33,98 \text{ mm} \dots\dots\dots 46$$

IX.5.2. Débit adopté :

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

IX.5.2.1 Tableau récapitulatif Q100 :

Tableau IX. 10 : Tableau récapitulatif des débits de projet calculés

TABLEAU RECAPITULATIF					
BV	S	Rationnelle	Mac Math	Burklier Ziegler	Adopté
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	0,04	0,32	0,36	0,46	0,46
2	0,24	2,98	1,96	2,54	2,98
3	0,25	3,09	2,15	2,72	3,09
4	1,66	12,00	-	10,66	12,00
5	0,72	6,13	3,74	5,81	6,13
6	0,81	6,92	4,29	6,61	6,92
7	0,16	1,81	1,57	1,88	1,88
8	1,31	9,22	-	9,06	9,22
9	8,38	36,28	-	31,86	36,28

Paramètres à Prendre en Compte pour choix du débit adopté :

Tableau IX. 11 : Choix des formules de calcul en fonction de la superficie des bassins versants

Formules	$S < 1 \text{ km}^2$	$1 \text{ km}^2 < S < 10 \text{ km}^2$	$S > 10 \text{ km}^2$
Mac-Math	Oui	-	-
Bürki-Ziegler	Oui	Oui	-
Rationnelle	Oui	Oui	-
Débit retenu	Max	Max	Moyenne

IX.5.3. Prédimensionnement des ouvrages hydraulique :

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

IX.5.3.1. Méthode Delorme :

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

$$Q_C = 2,464 \times R \times H^{1,5} \text{ pour les buses 47}$$

$$Q_C = 1,50 \times L \times H^{\frac{4}{3}} \text{ pour les dalots 48}$$

- Q_c = débit critique évacué en m^3/s
- R = rayon des buses en m
- L = ouverture droite des dalots en m
- H = hauteur des piédroits sous dalles pour les dalots en m, diamètre intérieur pour les buses en m.

IX.5.3.1.1. Calcul des buses :

Pour les buses circulaires, on prend : $R = D / 2$ et $H = D$, où D représente le diamètre intérieur de la buse.

Tableau IX. 12 : Débits critiques des buses retenues

Buse	D (m)	R = D/2 (m)	H (m)	Expression de calcul	Qc (m³/s)
Ø1000	1,00	0,50	1,00	$Q_c = 2,464 \times 0,50 \times 1,00^{1,5}$	1,23
Ø1200	1,20	0,60	1,20	$Q_c = 2,464 \times 0,60 \times 1,20^{1,5}$	1,94
Ø1500	1,50	0,75	1,50	$Q_c = 2,464 \times 0,75 \times 1,50^{1,5}$	3,40

IX.5.3.1.2. Calcul des dalots :

Pour les dalots rectangulaires, le débit critique est calculé à partir de l'ouverture droite L et de la hauteur H . Le débit obtenu correspond à une seule cellule. Lorsque l'ouvrage comporte plusieurs cellules, le débit critique total est obtenu en multipliant le débit d'une cellule par le nombre de cellules.

Tableau IX. 13 : Débits critiques des dalots retenus

Dalot	L (m)	H (m)	Expression de calcul	Qc par cellule (m³/s)	Nombre de cellules	Qc total (m³/s)
2,50 × 2,50	2,50	2,50	$Q_c = 1,50 \times 2,50 \times 2,50^{(4/3)}$	12,72	1	12,72
3,00 × 3,00	3,00	3,00	$Q_c = 1,50 \times 3,00 \times 3,00^{(4/3)}$	19,47	3	58,41

IX.5.3.2. Prédimensionnement des dalots :

Voici un tableau qui présente les résultats de prédimensionnement pour le bassin versant 4 et 9 :

Tableau IX. 14 : Prédimensionnement des dalots retenus

Tableau des dalots						
	Q100	Dimension				Débit C.
BV	moyen (m ³ /s)	de l'ouvrage				m ³ / s
4	12,00	Dalot	2,50	x	2,50	12,72
9	36,28	Dalot	3,00	x	3,00	58,41

Pour le **bassin versant 4**, avec un débit de **12 m³/s**, il est prévu de construire **un dalot à une cellule**. Les dimensions proposées pour ce dalot sont les suivantes :

$$250 \times 250$$

Pour le **bassin versant 9**, avec un débit de **36,28 m³/s**, il est prévu de construire **un dalot à trois cellules**. Les dimensions proposées pour ce dalot sont les suivantes :

$$300 \times 300$$

IX.5.3.3. Prédimensionnement des buses :

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

Tableau IX. 15 : Prédimensionnement des buses retenues

Tableau des buses						
N° du	Q100	Dimension			Débit C.	Nbre Ouv.
BV	moyen (m ³ /s)	de l'ouvrage			m ³ / s	
1	0,46	Buse	Ø	1000	1,23	1
2	2,98	Buse	Ø	1200	3,88	2
3	3,09	Buse	Ø	1200	3,88	2
5	6,13	Buse	Ø	1500	10,17	3
6	6,92	Buse	Ø	1500	10,17	3
7	1,88	Buse	Ø	1200	1,94	1
8	9,22	Buse	Ø	1500	10,17	3

Pour le bassin versant **1** il est prévu de construire des buses avec **une seule cellule**. La dimension proposée pour ces buses est la suivante :

Ø1000

Pour **les bassins versants 2 et 3** il est prévu de construire des buses avec **deux cellule**. La dimension proposée pour ces buses est la suivante :

Ø1200

Pour **le bassin versant 7** il est prévu de construire des buses avec **une cellule**. La dimension proposée pour ces buses est la suivante :

Ø1200

Pour **les bassins versants 5 et 6 et 8** il est prévu de construire des buses avec **trois s cellule**. La dimension proposée pour ces buses est la suivante :

Ø1500

IX.5.3.4. Vérification des conditions d'auto-curage :

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

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

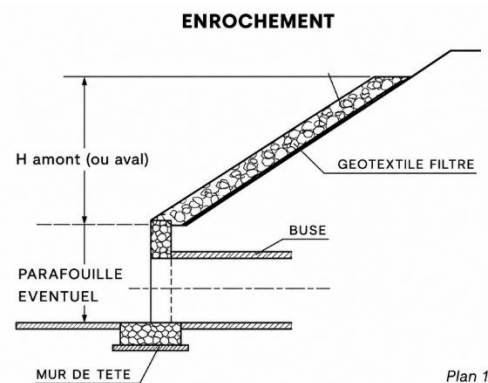


Figure IX. 6 : Dispositif d'enrochement et de parafouille au droit d'une buse

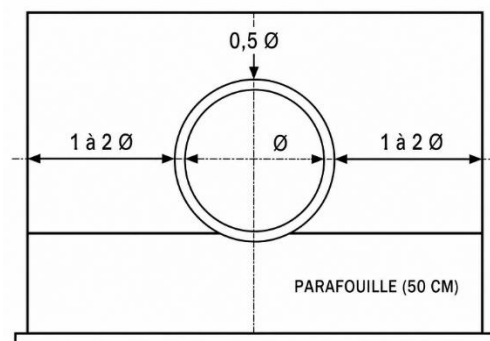


Figure IX. 7 : Dispositions de parafouille autour d'une buse

- **Couverture Minimale :** La couverture de la canalisation doit être d'au moins 80 cm. Si cette profondeur n'est pas atteignable, une dalle de répartition doit être installée au-dessus de la canalisation pour protéger celle-ci contre l'écrasement sous les charges roulantes.
- **Regards de Visite :** Des regards de visite doivent être installés tous les 80 mètres au maximum pour faciliter l'hydrocurage des réseaux ou une inspection par caméra. Un regard doit également être placé à chaque changement de pente ou de direction pour un accès facilité et une maintenance efficace.
- **Vitesse Maximale :** La vitesse de l'eau dans les canalisations ne doit pas excéder 4 m/s pour éviter l'abrasion des tuyaux. Si cette vitesse risque d'être dépassée, il est recommandé d'utiliser des matériaux plus résistants comme la fonte ou le polyéthylène à haute densité.

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

Conditions d'auto-curage :

Après le prédimensionnement des ouvrages hydrauliques, il est nécessaire de vérifier les conditions d'auto-curage. Cette vérification permet de s'assurer que la vitesse d'écoulement reste suffisante pour limiter les dépôts solides, l'envasement et les risques d'obstruction des buses et des dalots.

Les conditions adoptées pour cette vérification sont les suivantes :

- pour 10 % du débit à pleine section : $V \geq 0,60 \text{ m/s}$;
- pour 1 % du débit à pleine section : $V \geq 0,30 \text{ m/s}$.

Le débit à pleine section est calculé à partir de la formule de Manning-Strickler :

$$Q_{ps} = K_s \times S_m \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 49$$

Avec :

- Q_{ps} le débit à pleine section (m^3/s),
- K_s le coefficient de Strickler, S_m la section mouillée (m^2),
- R_h le rayon hydraulique (m) .
- I la pente hydraulique (m/m).

Dans le présent calcul, on adopte $K_s = 70$ pour les ouvrages en béton. La vérification est effectuée avec la pente minimale $I = 0,003$ m/m, ce qui constitue une hypothèse défavorable pour l'auto-curage.

IX.5.3.4.1. Vérification des conditions d'auto-curage :

Pour une conduite circulaire fonctionnant à pleine section, on utilise :

$$S_m = \frac{\pi \times D^2}{4} \dots\dots\dots 50$$

$$R_h = \frac{D}{4} \dots\dots\dots 51$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} \dots\dots\dots 52$$

Tableau IX. 16 : Vérification hydraulique et conditions d'auto-curage des dalots retenus

BV	Q100 adopté (m^3/s)	Dimension	Nbre d'ouvrages	Qps total (m^3/s)	Vps (m/s)	Rq	V(0,1 Qps) (m/s)	V(0,01 Qps) (m/s)	Vérification
1	0,46	Ø1000	1	1,20	1,52	0,385	0,97	0,50	Vérifiée
2	2,98	Ø1200	2	3,89	1,72	0,767	1,10	0,57	Vérifiée
3	3,09	Ø1200	2	3,89	1,72	0,795	1,10	0,57	Vérifiée
5	6,13	Ø1500	3	10,57	1,99	0,580	1,28	0,66	Vérifiée
6	6,92	Ø1500	3	10,57	1,99	0,655	1,28	0,66	Vérifiée
7	1,88	Ø1200	1	1,94	1,72	0,967	1,10	0,57	Vérifiée
8	9,22	Ø1500	3	10,57	1,99	0,872	1,28	0,66	Vérifiée

D'après les résultats obtenus, les vitesses correspondant à 10 % et à 1 % du débit à pleine section sont supérieures aux valeurs minimales exigées. Les conditions d'auto-curage des buses retenues sont donc vérifiées.

IX.5.3.4.2. Vérification des dalots :

Pour les dalots rectangulaires, la vérification est effectuée en tenant compte du nombre de cellules adoptées. Les paramètres hydrauliques sont calculés comme suit :

$$S_m = n \times B \times H \dots\dots\dots 53$$

$$P_m = n \times (B + 2H) \dots\dots\dots 54$$

$$R_h = \frac{S_m}{p_m} \dots\dots\dots 55$$

Tableau IX. 17 : Vérification hydraulique et conditions d'auto-curage des dalots retenues

BV	Q100 adopté (m³/s)	Dimension (m)	Nbre de cellules	Sm (m²)	Pm (m)	Rh (m)	Qps (m³/s)	Vps (m/s)	Rq	V(0,1 Qps) (m/s)	V(0,01 Qps) (m/s)	Vérification
4	12,00	2,50 × 2,50	1	6,25	7,50	0,833	21,22	3,40	0,565	2,17	1,12	Vérifiée
9	36,28	3,00 × 3,00	3	27,00	27,00	1,000	103,52	3,83	0,350	2,45	1,27	Vérifiée

Les valeurs calculées montrent que les vitesses obtenues pour les deux dalots sont supérieures aux seuils minimaux d'auto-curage. Les dalots proposés assurent donc un écoulement suffisant et limitent les risques de dépôt et d'envasement.

IX.5.4. Dimensionnement des fossés :

Le dimensionnement est effectué en prenant en compte le scénario le plus défavorable, notamment dans le cas de grand déblai.

IX.5.4.1. Calcul de la surface de sous bassin versant :

- On considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement et talus).
- La surface est égale à la largeur de SBV × la longueur.
- Cas plus défavorable : déblai entre le PK 8+925 et le PK 9+575 de longueur L= 650 m.

- Surface de la chaussée : $A_c = 7,6 \times 650 = 4940 \text{ m}^2$ 56
- Surface de l'accotement : $A_{acc} = 2 \times 650 = 1300 \text{ m}^2$ 57
- Surface du talus : $A_t = 10586,21 \text{ m}^2$ 58

Tableau IX. 18 : Répartition des surfaces élémentaires du sous-bassin versant

Elément	Surface (m ²)
Chaussée	4940
Accotement	1300
Talus	10586,21

$$A = 4940 + 1300 + 10586.21 = 16826.21 \text{ m}^2 = 0.016826 \text{ km}^2 \dots\dots\dots 59$$

Tableau IX. 19 : Paramètres hydrologiques du sous-bassin versant global

S.B.V	A (km ²)	P (%)	L (km)	Tc (h)	I (mm/h)
Global	0.016826	2.25	0.65	0.035	228

IX.5.4.2. Débit d'apport :

$$Q_D = 0.278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots 60$$

- Coefficient de ruissellement $C = 0.5$

Tableau IX. 20 : Débit d'apport des éléments de plateforme.

S.B.V	Surface A (km ²)	Coef K	Coef C	Intensité	Débit Q
Global	0.016826	0.278	0.50	228	0.53

IX.5.4.3. Calcul du débit de saturation (QS) :

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par la formule de **Manning-Strickler** sur un écoulement en régime uniforme.

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous :

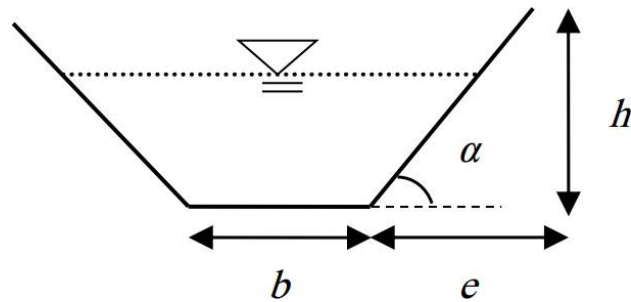


Figure IX. 8 : La section transversale du fossé.

Le débit de saturation du fossé est calculé par la formule de Manning–Strickler.

$$Q_s = K \times S_m \times R_h^{(2/3)} \times i^{(1/2)} \dots \dots \dots 61$$

- $K = 70$;
- $i = 2.25 \% = 0.0225$;
- $Q_s = 0.53 \text{ m}^3/\text{s}$
- Fossé trapézoïdal : $b = 0.50 \text{ m}$;
- Talus 1H/1V ($n = 1$).

Calcul des paramètres hydrauliques :

$$S_m = h(0.5 + h) \dots \dots \dots 62$$

$$P_m = 0.5 + 2.828h \dots \dots \dots 63$$

$$R_h = S_m / P_m \dots \dots \dots 64$$

Après résolution : $h = 0.22 \text{ m}$

Vérification hydraulique :

$$S_m = 0.158 \text{ m}^2$$

$$P_m = 1.122 \text{ m}$$

$$R_h = 0.141 \text{ m}$$

Tableau IX. 21 : La section transversale du fossé retenu.

Paramètre	Valeur
Largeur du fond b	0.50 m
Talus	1H/1V
Profondeur adoptée H	0.50 m

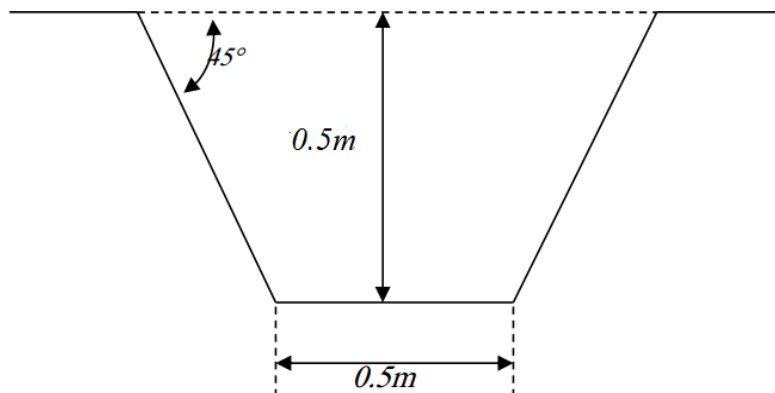


Figure IX. 9 : La section transversale du fossé retenu.

IX.6. ÉROSION DU FOND DES COURS D'EAU :

Dans un projet routier, les écoulements naturels interceptés par le tracé peuvent provoquer des phénomènes d'érosion au niveau du lit des cours d'eau, particulièrement à l'amont et à l'aval des ouvrages hydrauliques. Lorsque la vitesse de l'eau devient importante, le fond du cours d'eau peut subir un affouillement progressif qui risque de déstabiliser les talus, les têtes d'ouvrages et les protections de sortie.

Dans le cas du projet d'évitement Ouest de la ville de Ténès, le tracé traverse un milieu côtier et montagneux, marqué par des pentes localement importantes et par des formations à dominante marneuse et argilo-marneuse. Ces conditions favorisent le ruissellement superficiel et rendent nécessaire la mise en place de dispositions de protection adaptées au droit des buses, des dalots et des fossés.

L'objectif principal est donc de limiter l'érosion du fond des écoulements, d'éviter le ravinement au voisinage des ouvrages et d'assurer la stabilité durable du système d'assainissement routier.

IX.6.1. Systèmes de Protection des Cours d'Eau :

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

Principes de base :

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

Protection contre les érosions :

Érosion verticale :

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

Érosion latérale :

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

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

IX.7. CONCLUSION :

L'assainissement a permis de définir les dispositions nécessaires pour assurer l'évacuation des eaux pluviales interceptées par le tracé.

Les débits de projet ont été évalués à partir des caractéristiques des bassins versants, puis utilisés pour le prédimensionnement des ouvrages hydrauliques.

Les buses et les dalots proposés permettent d'assurer le passage des débits retenus, tout en respectant les conditions de fonctionnement hydraulique.

Compte tenu de la nature marneuse à argilo-marneuse des terrains et du relief localement marqué, des protections contre l'érosion sont à prévoir au droit des ouvrages, des fossés et des exutoires. Ainsi, le système d'assainissement retenu contribue à la protection de la chaussée, à la stabilité des talus et à la durabilité de l'infrastructure routière.

CHAPITRE X
OUVRAGES DE
SOUTÈNEMENTS

X.1. INTRODUCTION :

Dans le cadre de la réalisation de l'évitement Ouest de la ville de Ténès, la topographie du site impose la création d'importants talus en déblai et en remblai. La stabilité de ces ouvrages conditionne directement la sécurité de l'infrastructure, la durabilité de la chaussée et la protection des usagers.

Le présent chapitre est consacré à la conception des ouvrages de soutènement retenus pour les deux cas les plus défavorables du tracé :

- Cas en déblai : Un talus d'environ 20 m de hauteur au niveau du PK 7+925, stabilisé par une paroi clouée. L'analyse détaillée de sa stabilité a été réalisée à l'aide du logiciel GEO5 (méthode de Bishop), en considérant les situations de calcul fondamentale (statique) et sismique (pseudo-statique).
- Cas en remblai : Un talus de 8 m de hauteur au niveau du PK 4+200, pour lequel nous avons procédé à un prédimensionnement technique d'un mur de soutènement afin de retenir le massif de sol.

Cette démarche permet d'apporter des solutions techniques sécuritaires et adaptées aux contraintes géométriques du projet.

X.2. PRÉSENTATION DES OUVRAGES ÉTUDIÉ :

X.2.1. La paroi clouée :

L'ouvrage étudié correspond à une paroi clouée prévue au niveau du talus en deblais le plus défavorable du projet au niveau de PK 7+925 . Ce dispositif est adopté afin d'améliorer la stabilité globale du déblai et de limiter les risques de glissement, notamment dans les zones où la hauteur du talus devient importante.

La paroi clouée est constituée de plusieurs rangées de clous disposés suivant un maillage régulier. Les clous travaillent principalement en traction et en frottement avec le sol, ce qui permet d'augmenter les efforts résistants mobilisés le long des surfaces potentielles de rupture.

Tableau X. 1 : Données générales du talus et de la solution retenue

Désignation	Valeur adoptée
Type de talus étudié	Talus en déblai le plus défavorable
Hauteur du talus	H = 20 m
Solution de stabilisation	Paroi clouée
Logiciel de calcul	GEO5 - Nailed Slope
Méthode de stabilité	Méthode de Bishop
Situation 1	Cas fondamental / statique
Situation 2	Cas sismique / pseudo-statique

X.2.1.1 Principe de la paroi clouée :

Le clouage de sol est une technique de renforcement qui consiste à introduire dans le massif des barres d'acier inclinées, généralement scellées par injection de coulis. Les clous améliorent la cohésion globale du massif et augmentent sa résistance au glissement. Cette méthode est particulièrement adaptée aux talus en déblai ou en remblai présentant une hauteur importante et nécessitant un renforcement progressif.

Dans le cas étudié, les clous sont inclinés de 15° et possèdent une longueur de 12,00 m. Leur disposition régulière permet de créer un massif renforcé assurant une meilleure stabilité du déblai.

X.2.1.2 Caractéristiques des sols :

Les paramètres géotechniques utilisés dans la modélisation ont été introduits dans le logiciel GEO5 à partir des caractéristiques des formations rencontrées dans la zone d'étude. Les valeurs utilisées concernent principalement la cohésion, l'angle de frottement interne et le poids volumique des sols.

Tableau X. 2 : Paramètres géotechniques introduits dans GEO5

Nature du sol	ϕ_{ef} (°)	C _{ef} (kPa)	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
Argile à débris marneux	12,00	40,00	16,00	19,60
Marne altérée	14,00	50,00	17,60	20,50
Marne grise altérée	25,00	150,00	22,60	23,60

X.2.1.3. Caractéristiques des clous :

Les clous adoptés sont constitués de barres d'acier HA25 placées dans des forages de diamètre 100 mm. Ils sont disposés avec un espacement vertical de 1,50 m et un espacement horizontal de 1,8 m. Cette disposition permet d'assurer une répartition régulière du renforcement dans le massif.

Tableau X. 3 : Caractéristiques géométriques et mécaniques des clous

Désignation	Symbole	Valeur	Unité
Diamètre de la barre	$\emptyset$	25 (HA25)	mm
Section de la barre d'acier	Sn	490,87	mm ²
Contrainte à la limite élastique	σ_e	500 (HA500)	MPa
Diamètre de forage	$\emptyset f$	100	mm
Inclinaison des clous	α	15	°
Longueur des clous	L	12,00	m
Espacement vertical	Ev	1,50	m
Espacement horizontal	Eh	1,8	m

Tableau X. 4 : Résumé des caractéristiques de résistance des clous

Paramètre	Valeur
Longueur des clous	12,00 m
Inclinaison	15°
Résistance à la traction Rt	196,35 kN
Résistance à l'arrachement Tp	42,84 kN/m
Résistance de tête Rf	149,23 kN

X.2.1.4. Méthode de vérification de la stabilité :

La stabilité globale du talus renforcé est vérifiée par la recherche des surfaces potentielles de glissement circulaires. Le logiciel GEO5 détermine les efforts actifs et passifs, ainsi que les moments moteurs et résistants associés à la surface de rupture la plus défavorable.

Le coefficient de sécurité est défini comme le rapport entre les efforts résistants et les efforts moteurs :

$$Fs = \frac{Fp}{Fa} = \frac{Mp}{Ma} \dots \dots \dots 65$$

Avec :

- Fa la somme des forces actives,
- Fp la somme des forces passives,
- Ma le moment de glissement
- Mp le moment résistant.

Les seuils de vérification retenus sont les suivants :

- en cas fondamental : $Fs \geq 1,50$;
- en cas sismique : $Fs \geq 1,10$.

X.2.1.5 Vérification en cas fondamental :

La première situation de calcul correspond au cas fondamental. Dans cette étape, l'action sismique n'est pas prise en compte. Le calcul est donc réalisé dans une situation statique, avec les charges permanentes et les caractéristiques géotechniques du massif.

Tableau X. 5 : Résultats de la vérification en cas fondamental

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Somme des forces actives	Fa	2439,07	kN/m
Somme des forces passives	Fp	5047,50	kN/m
Moment de glissement	Ma	49391,25	kNm/m
Moment résistant	Mp	102211,80	kNm/m
Utilisation	-	48,3	%
Coefficient de sécurité	Fs	2,07	-

$$Fs = \frac{5047,50}{2439,07} = 2,07$$

Le coefficient de sécurité obtenu est supérieur au seuil minimal exigé en cas fondamental. Ainsi, la stabilité du talus renforcé par paroi clouée est vérifiée dans la situation statique.

$$Fs = 2,07 > 1,50 \rightarrow \text{stabilité vérifiée}$$

X.2.1.6. Vérification en cas sismique :

La deuxième situation de calcul correspond au cas sismique. Dans cette étape, l'action sismique est introduite sous forme de coefficients pseudo-statiques. Les valeurs utilisées sont $K_h = 0,1500$ pour l'action horizontale et $K_v = 0,0750$ pour l'action verticale.

Tableau X. 6 : Résultats de la vérification en cas sismique

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Coefficient sismique horizontal	K_h	0,1500	-
Coefficient sismique vertical	K_v	0,0750	-
Somme des forces actives	F_a	3494,90	kN/m
Somme des forces passives	F_p	6305,89	kN/m
Moment de glissement	M_a	114458,12	kNm/m
Moment résistant	M_p	206517,76	kNm/m
Utilisation	-	55,4	%
Coefficient de sécurité	F_s	1,8	-

$$F_s = \frac{6305,89}{3494,90} = 1,8$$

Le coefficient de sécurité obtenu en situation sismique reste supérieur au seuil minimal exigé. La stabilité du talus est donc également vérifiée lorsque l'action sismique est prise en compte.

$$F_s = 1,8 > 1,10 \rightarrow \text{stabilité vérifiée}$$

X.2.1.7. Synthèse des résultats :

Les résultats obtenus montrent que la paroi clouée permet d'assurer une stabilité suffisante du talus en déblai étudié. Les deux situations de calcul donnent des coefficients de sécurité supérieurs aux valeurs minimales recommandées.

Tableau X. 7 : Synthèse des vérifications de stabilité

Situation de calcul	Action sismique	Fs obtenu	Fs minimal	Vérification
Cas fondamental	Non prise en compte	2,07	1,50	Vérifiée
Cas sismique	Kh = 0,1500 ; Kv = 0,0750	1,8	1,10	Vérifiée

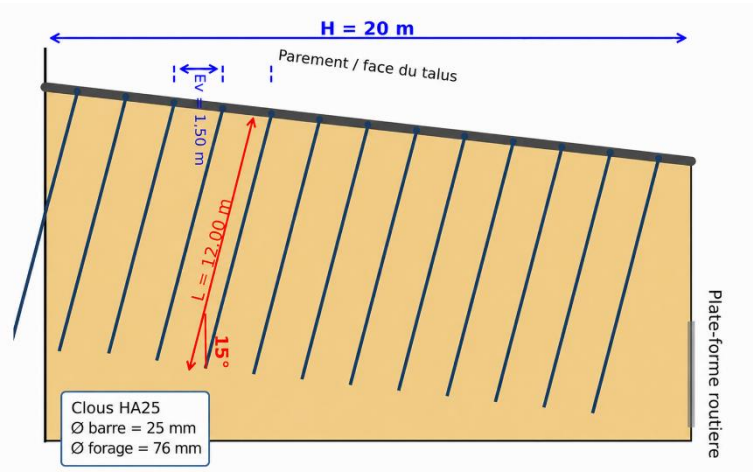


Figure X. 1 : Schéma de principe de la paroi clouée et dimensions principales

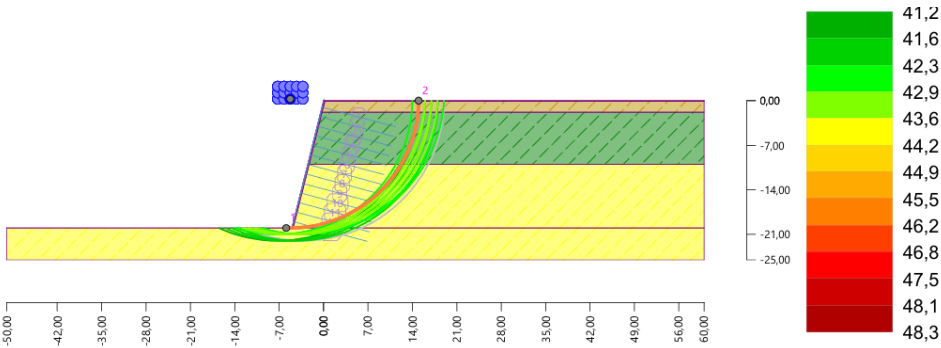


Figure X. 2 : Surface de rupture critique du talus cloué — cas fondamental

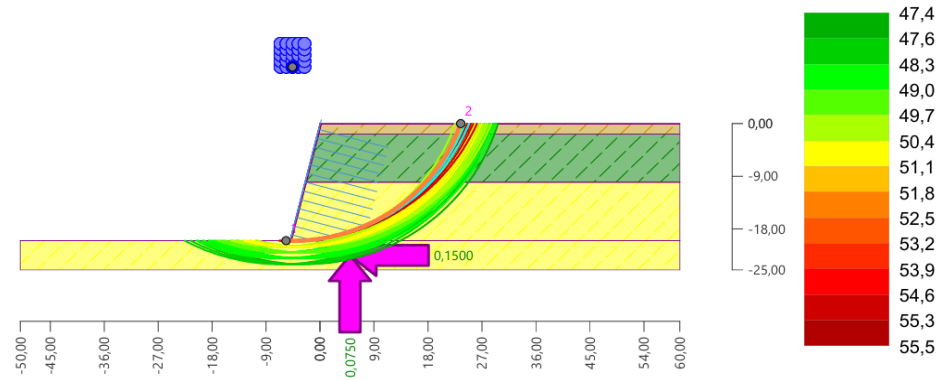


Figure X. 3 : Surface de rupture critique du talus cloué — cas sismique

X.2.1.8 Dispositions constructives :

La réalisation d'une paroi clouée nécessite une exécution soignée afin de garantir le bon fonctionnement du renforcement. Les principales étapes de réalisation sont les suivantes :

- terrassement progressif du talus par passes successives ;
- mise en place d'une plateforme de travail stable ;
- réalisation des forages inclinés suivant l'angle prévu ;
- introduction des barres HA25 dans les forages ;
- injection du coulis de scellement autour des barres ;
- mise en place du treillis et du parement de protection ;
- prévoir un dispositif de drainage afin d'éviter l'accumulation d'eau derrière le parement.

Le drainage est un point important dans ce type d'ouvrage, car la présence d'eau peut réduire la résistance du sol et augmenter les pressions interstitielles. Il est donc recommandé d'assurer l'évacuation des eaux superficielles et infiltrées au droit de la paroi.

X.2.2. Murs de soutènement en BA :

Les murs de soutènement en béton armé sont des structures rigides conçues pour stabiliser les massifs de terre lorsque le relief ou le manque d'espace ne permet pas de réaliser des talus naturels. Contrairement aux structures maçonnées ou aux blocs poids traditionnels, le béton armé permet de construire des ouvrages plus minces et plus élancés grâce à sa haute résistance à la fois à la compression et à la traction.

X.2.2.1. Prédimensionnement de mur :

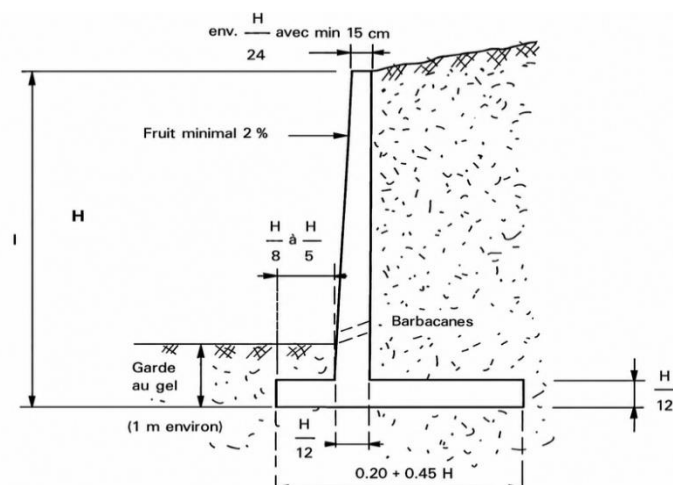


Figure X. 4 :Dimensionnement courant d'un mur en béton armé

Le prédimensionnement est une étape fondamentale qui permet de définir la géométrie initiale de l'ouvrage avant de procéder aux vérifications réglementaires de stabilité (non-renversement, non-glissement et justification de la capacité portante du sol).

X.2.2.1.1. Le voile (Paroi verticale) :

- **Épaisseur en tête :** Elle est fixée à environ $H/24$ avec un minimum strict de 15 cm pour garantir un coulage correct du béton et l'enrobage des aciers.
- **Fruit du parement extérieur :** Pour compenser l'effet d'optique de basculement vers l'avant et améliorer la stabilité, le parement avant présente un fruit minimal de 2%.
- **Épaisseur à la base :** En raison du fruit de la paroi, l'épaisseur augmente progressivement vers le bas pour atteindre $H/12$ au niveau de la jonction avec la semelle, là où le moment fléchissant est maximal.

X.2.2.1.2. La semelle de fondation :

- **Largeur totale de la base :** La largeur de la semelle est estimée par la formule $0,20\text{ m} + 0,45H$. Elle permet d'équilibrer les pressions transmises au sol de fondation.
- **Épaisseur de la semelle :** Elle est uniforme et fixée à environ $H/12$, offrant la rigidité nécessaire pour résister aux efforts de cisaillement.
- **Le patin (partie avant) :** Le débord avant de la semelle présente une largeur comprise entre $H/8$ et $H/5$.
- **Garde au gel (Encastrement) :** Pour protéger l'ouvrage des effets du gel-dégel et éviter l'affouinement du sol de base, la semelle doit être encastrée à une profondeur d'environ 1 m par rapport au niveau du terrain fini aval.

X.2.2.1.3. Dispositif de décharge hydrostatique :

la présence de barbacanes (ouvertures traversant le voile juste au-dessus du niveau du sol aval) est obligatoire. Ce dispositif permet l'évacuation directe des eaux d'infiltration accumulées à l'arrière du mur, supprimant ainsi la pression hydrostatique qui pourrait fragiliser l'ouvrage.

X.2.2.2. Prédimensionnement pour une hauteur de 8 mètres (H = 8,00 m) :

En appliquant les règles empiriques basées sur la hauteur totale H = 8,00 m, les dimensions initiales de l'ouvrage sont déterminées comme suit :

X.2.2.2.1. Le voile (Paroi verticale) :

- Épaisseur en tête :

$$E_{tête} = \frac{H}{24} = \frac{8}{24} = 0,33 \longrightarrow \text{Adopté : } 35 \text{ cm}$$

- Fruit du parement extérieur : 2 % (soit un décalage horizontal de 2 cm par mètre de hauteur).
- Épaisseur à la base :

$$E_{base} = \frac{H}{12} = \frac{8}{12} = 0,63 \longrightarrow \text{Adopté : } 70 \text{ cm}$$

X.2.2.2.2. La semelle de foundation :

- Largeur totale de la base (B) :

$$B = 0,20 \text{ m} + 0,45 \times 8,00 = 3,8 \text{ m} \longrightarrow \text{Adopté : } 3,8 \text{ m}$$

- Épaisseur de la semelle (h) :

$$h = \frac{H}{12} = \frac{8}{12} = 0,67 \longrightarrow \text{Adopté : } 70 \text{ cm}$$

- Le patin (partie avant) : Pour une variation comprise entre H/8 et H/5 :

$$Largeur_{patin,max} = \frac{8}{5} = 1,6 \text{ et } Largeur_{patin,min} = \frac{8}{8} = 1$$

$$\longrightarrow \text{Adopté : } 1,20 \text{ m}$$

- Le talon (partie arrière) : Calculé par différence :

$$Largeur_{talon} = B - E_{base} - Largeur_{patin} = 3,8 - 0,70 - 1,20 = 1,90 \text{ m}$$

- Garde au gel (Encastrement) : 1,00 m par rapport au niveau du terrain aval.

X.3. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la problématique de la stabilité des talus de grande hauteur, en traitant les deux cas les plus défavorables de notre tracé géométrique.

- Pour le talus en déblai (20 m de hauteur au PK 7+925) : L'analyse initiale a révélé un coefficient de sécurité au glissement inférieur aux limites admissibles. Pour y remédier, nous avons préconisé un ouvrage de type paroi clouée. Les vérifications approfondies menées à l'aide du logiciel GEO5 confirment que cet ouvrage assure pleinement la stabilité globale du versant.
- Pour le talus en remblai (8 m de hauteur) : La configuration du terrain exigeait une solution de retenue pour le massif de sol. Nous avons donc procédé au prédimensionnement d'un mur de soutènement, définissant ainsi les proportions géométriques de base nécessaires pour sécuriser la plateforme routière.

En définitive, les solutions de soutènement proposées répondent efficacement aux contraintes topographiques et géotechniques du site, garantissant ainsi la sécurité des usagers et la pérennité de la future infrastructure.

CHAPITRE XI
SIGNALISATION ET
ECLAIRAGE PUBLIC

XI.1. INTRODUCTION :

La signalisation routière et l'éclairage public sont des éléments essentiels pour assurer la sécurité et la fluidité de la circulation sur les infrastructures routières. La signalisation permet d'orienter et d'informer les usagers, tandis que l'éclairage public améliore la visibilité nocturne et réduit les risques d'accidents.

Dans le cadre du projet de l'évitement Ouest de la ville de Ténès reliant la RN11 à la RN19 via la région de Flita, ces deux composantes jouent un rôle important pour garantir une circulation sécurisée et bien organisée.

Ce chapitre présente la signalisation horizontale et verticale ainsi que le système d'éclairage public adopté, notamment l'éclairage solaire photovoltaïque.

XI.2. OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION :

La signalisation a pour objectif de transmettre aux usagers de la route des informations simples, visibles et compréhensibles. Dans un projet routier, elle doit être cohérente avec la géométrie du tracé, les vitesses pratiquées, la présence d'ouvrages particuliers et les conditions locales de circulation.

- assurer le guidage des usagers le long de l'itinéraire ;
- indiquer les directions principales vers la RN11, la RN19, Chlef, Ténès, Flita, Sidi Akkacha, Zramna et Ouled El Hadj Ahmed selon les raccordements prévus ;
- organiser les mouvements de circulation au niveau des carrefours giratoires ;
- renforcer la sécurité par les panneaux de danger, de priorité, d'obligation et d'interdiction ;
- matérialiser les voies de circulation, les rives de chaussée, les îlots et les zones de traversée ;
- prévenir les conflits entre véhicules et améliorer la lisibilité du projet.

XI.3. TYPES DE SIGNALISATION :

- Signalisation Horizontale
- Signalisation Verticale

XI.3.1. Signalisation horizontale :

Ce type de signalisation consiste en marquages réalisés directement sur la surface de la chaussée. Ces marquages, qui peuvent être des lignes, des flèches, des symboles ou d'autres indications, guident les conducteurs en leur fournissant des informations essentielles sur les voies, les directions à suivre, et les règles de circulation à observer. La signalisation horizontale est cruciale pour

structurer le flux de trafic, signaler les limitations ou interdictions spécifiques, et renforcer la sécurité générale sur les routes. Elle se divise en deux types principaux :

XI.3.1.1. Marquages Transversaux :

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

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

XI.3.1.2. Marquages Longitudinaux :

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

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

XI.3.2. Signalisation verticale :

XI.3.2.1. Marquages Complémentaires :

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

XI.3.2.2. Signalisation Avancée :

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

XI.3.2.3. Signalisation de Position :

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

XI.3.2.4. Signalisation de Direction

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

XI.4. APPLICATION AU PROJET :

Dans le présent projet, la signalisation est prévue le long de l'évitement Ouest de Ténès ainsi qu'au niveau des différents carrefours giratoires. Elle doit assurer la continuité de l'itinéraire, guider les usagers vers les voies raccordées et sécuriser les points d'échange avec les routes existantes et les accès locaux.

La signalisation adoptée concerne principalement la délimitation des voies, les lignes de rive, les lignes de cédez-le-passage, les passages piétons, les îlots directionnels, les panneaux de giratoire, les panneaux de priorité, les panneaux de limitation de vitesse et les panneaux de direction.

XI.4.1. Signalisation horizontale adoptée :

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des marques utilisées dans le projet.

Tableau XI. 1 : Caractéristiques des principaux types de marques

Modulation	Désignation des marques	Largeur	Couleur
Continue	Délimitation de terre-plein central ou de zone séparative	3U = 18 cm	Blanc
Continue	Délimitation du contour des îlots	3U = 18 cm	Blanc
T1	Ligne axiale ou ligne de délimitation de voie	2U = 12 cm	Blanc
T2	Ligne de rive de chaussée	3U = 18 cm	Blanc
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U = 12 cm	Blanc
T'2	Ligne « Cédez-le-passage »	50 cm	Blanc
Zébras / hachures	Canalisation des mouvements au droit des îlots	Selon plan	Blanc

Les lignes discontinues sont choisies en fonction de leur rôle dans l'organisation de la circulation. Le tableau ci-dessous récapitule les principales modulations adoptées.

Tableau XI. 2 : Caractéristiques des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits (m)	Rapport plein/vide	Largeur	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	2U = 12 cm	Blanc
Axial longitudinal	T'1	1,5	5	1/3	2U = 12 cm	Blanc
Annonce	T3	3	1,33	3	2U = 12 cm	Blanc
Rive	T2	3	3,5	1	3U = 18 cm	Blanc
Rive renforcée	T'3	20	6	3	3U = 18 cm	Blanc
Transversal	T'2	0,5	0,5	1	50 cm	Blanc

L'unité de largeur U dépend de la catégorie de la route et du type d'aménagement. Pour les autoroutes et les bretelles importantes, U peut être prise égale à 7,5 cm. Pour les routes nationales et les voies liées à l'axe principal, on adopte généralement U = 6 cm. Pour les autres routes secondaires, U peut être prise égale à 5 cm.

Dans notre cas, compte tenu de la nature de l'évitement et de son raccordement avec la RN11 et la RN19, on adopte : U = 6 cm.

XI.4.2. Signalisation verticale adoptée :

La signalisation verticale retenue pour le projet doit permettre d'anticiper les zones particulières, d'indiquer les priorités et d'orienter les usagers vers les différentes destinations. Les principaux panneaux employés sont présentés ci-dessous.

Tableau XI. 3 : Principaux panneaux de signalisation verticale adoptés

Famille de panneaux	Panneau ou indication	Rôle dans le projet	Emplacement recommandé
Danger	Succession de virages / virage dangereux	Avertir les usagers des changements de direction du tracé	Avant les zones à courbure sensible
Intersection et priorité	Cédez-le-passage	Indiquer la priorité aux véhicules circulant dans le giratoire	À chaque entrée de carrefour giratoire
Intersection et priorité	Annonce de carrefour giratoire	Prévenir l'usager de la présence d'un giratoire	En amont des giratoires
Obligation	Contournement par la droite / sens giratoire	Guider le mouvement autour de l'îlot central	Sur les îlots et à l'entrée des giratoires
Interdiction	Sens interdit	Empêcher les mouvements non autorisés	Aux sorties ou voies à sens unique si nécessaire
Prescription	Limitation de vitesse	Adapter la vitesse aux conditions locales	Aux approches des giratoires et zones sensibles
Indication / direction	Panneaux directionnels	Orienter vers RN11, RN19, Ténès, Flita, Sidi Akkacha, Zramna et Ouled El Hadj Ahmed	Avant et au droit des carrefours

Figure XI. 1:Principaux panneaux de signalisation verticale adoptés pour l'évitement Ouest de la ville de Ténès.


XI.4.3. Signalisation au niveau des carrefours giratoires :

Les carrefours giratoires constituent des points particuliers du projet. Leur signalisation doit être claire afin de réduire les conflits de circulation et de faciliter l'orientation des usagers. Chaque branche doit être équipée d'une signalisation de priorité, d'une signalisation directionnelle et de marquages au sol adaptés.

Au niveau des giratoires, les dispositifs suivants sont prévus :

- Ligne « Cédez-le-passage » à l'entrée de chaque branche ;
- Panneau de carrefour giratoire en amont de l'intersection ;
- Panneaux directionnels indiquant les destinations desservies ;
- Marquages de canalisation au niveau des îlots séparateurs ;
- Passages piétons lorsque la traversée des usagers est prévue ;
- Panneaux d'obligation de contourner l'îlot central par la droite ;
- Limitations de vitesse adaptées aux approches des giratoires.

Tableau XI. 4 : Application de la signalisation aux carrefours giratoires

Élément	Signalisation horizontale	Signalisation verticale	Objectif
Entrée du giratoire	Ligne T'2 « Cédez-le-passage »	Panneau Cédez-le-passage	Assurer la priorité au trafic circulant dans l'anneau
Approche du giratoire	Flèches et lignes de guidage	Panneau de présignalisation de giratoire	Prévenir l'utilisateur et préparer la manœuvre
Îlots séparateurs	Contours, zébras et hachures	Panneaux d'obligation et balises si nécessaire	Canaliser les mouvements et protéger les îlots
Sorties du giratoire	Lignes de rive et flèches directionnelles	Panneaux directionnels	Orienter les véhicules vers les destinations
Traversées piétonnes	Passages pour piétons	Panneaux de traversée si nécessaire	Renforcer la sécurité des piétons

Dans ce projet, les panneaux directionnels doivent être cohérents avec les voies raccordées aux différents carrefours. Les indications pourront notamment mentionner les directions vers la RN11, la RN19, Ténès, Flita, Sidi Akkacha, Zramna et Ouled El Hadj Ahmed, selon la position de chaque giratoire et les branches desservies.

XI.5. ENTRETIEN ET MAINTENANCE DE LA SIGNALISATION :

La signalisation ne doit pas seulement être bien conçue ; elle doit également être entretenue régulièrement afin de conserver son efficacité. Les marquages au sol peuvent perdre leur visibilité sous l'effet de l'usure, du trafic, de la pluie et des dépôts de poussière. Les panneaux peuvent également être détériorés, masqués par la végétation ou perdre leur réflectivité.

- renouveler périodiquement les marquages horizontaux ;
- vérifier la visibilité des panneaux, notamment la nuit et en période de pluie ;
- assurer le nettoyage des panneaux et la suppression des obstacles visuels ;
- remplacer les panneaux endommagés ou non conformes ;
- contrôler particulièrement les dispositifs de signalisation au niveau des giratoires.

XI.6. ECLAIRAGE PUBLIC:

XI.6.1. Principe de l'éclairage public :

L'évitement de la ville de Tènes en deux chaussées séparé par un TPC matérialisé par un élément en béton type SGBA sera éclairé de la manière suivante : Au plein parcours, des candélabres à double crosses seront posés le long de TPC. Au niveau des carrefours, des candélabres à simples crosses seront disposées au niveau des ilots séparateurs et centraux, ceci afin d'optimiser l'éclairage des carrefours et d'augmenter la sécurité des usagers nocturnes la route. Les candélabres seront disposés à un intervalle de 30 m

Les éléments d'éclairage proposés sont :

- Candélabres cylindro-coniques en acier galvanisé thermo-laqué de 8 m de hauteur ;
- Crosses simples ou doubles selon la disposition de la voirie ;
- Système d'éclairage public autonome à énergie photovoltaïque ;
- Deux (02) panneaux solaires photovoltaïques fixés en tête de candélabre ;
- Luminaire LED de puissance 60 W ;
- Batterie de stockage assurant l'alimentation nocturne ;
- Régulateur de charge assurant la gestion de l'énergie produite et stockée ;
- Capteur crépusculaire permettant l'allumage automatique à la tombée de la nuit et l'extinction au lever du jour ;

- Détecteur de mouvement à grand angle de détection de 120° lorsque le système retenu le prévoit.

Par ailleurs, les travaux comprennent aussi les postes suivants :

- La fouille en trou pour l'implantation des candélabres ;
- La réalisation des massifs en béton pour supports de 8 m de hauteur ;
- La fourniture et la pose des platines et tiges d'ancrage ;
- La fixation des panneaux photovoltaïques, du luminaire LED et des accessoires de montage ;
- L'installation de la batterie et du régulateur de charge dans un compartiment sécurisé ;
- La mise en service et les essais de bon fonctionnement du système d'éclairage photovoltaïque ;
- Toutes sujétions de bonne exécution.

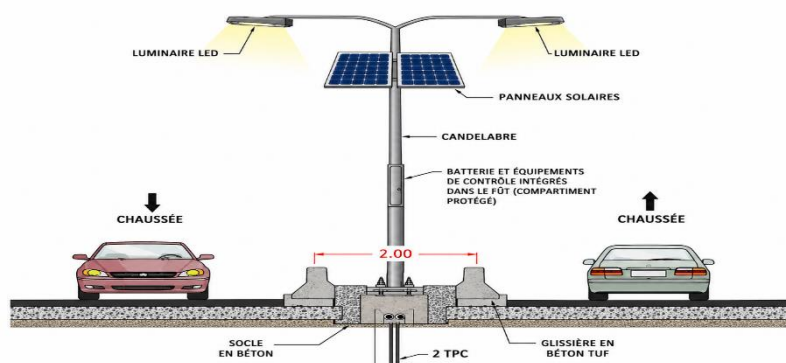


Figure XI. 2 : Coupe transversale et disposition de l'éclairage public solaire photovoltaïque

XI.6. CONCLUSION :

La signalisation routière et l'éclairage public constituent deux éléments complémentaires essentiels pour assurer la sécurité et le confort des usagers au niveau de l'évitement Ouest de la ville de Ténès. La signalisation, à travers ses composantes horizontales et verticales, permet d'organiser la circulation, de guider les usagers et de réduire les risques d'accidents, notamment aux points sensibles du tracé. De son côté, l'éclairage public, notamment le système photovoltaïque autonome adopté dans ce projet, améliore la visibilité nocturne, renforce la sécurité et constitue une solution durable et économique.

Ainsi, la combinaison de ces deux dispositifs garantit une meilleure lisibilité de l'infrastructure et une exploitation plus sûre et plus efficace de la voie.

CHAPITRE XII
L'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT

XII.1. INTRODUCTION :

La réalisation d'un projet routier constitue une opération d'aménagement importante qui peut engendrer plusieurs effets sur le milieu naturel, humain et physique. Les travaux de terrassement, la circulation des engins, l'utilisation des matériaux de construction, ainsi que la modification locale du relief peuvent provoquer des impacts temporaires ou durables sur l'environnement.

Dans le cadre du projet de réalisation de l'évitement Ouest de la ville de Ténès, reliant la RN11 à la RN19 en passant par la région de Flita, l'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier les effets prévisibles du projet et de proposer les mesures nécessaires pour réduire les impacts négatifs.

Le tracé se développe dans un milieu côtier et localement montagneux, marqué par la chaîne du Dahra, des formations marneuses et argilo-marneuses, ainsi que des espaces naturels et agricoles. Ces conditions imposent une attention particulière pendant la phase des travaux, notamment vis-à-vis de l'érosion, du ruissellement des eaux, de la stabilité des talus, de la protection des sols et de la limitation des nuisances pour les riverains.

Cette étude vise donc à analyser les effets du projet pendant la phase de réalisation et pendant la phase d'exploitation, puis à proposer des mesures d'atténuation adaptées au contexte de la zone d'étude.

XII.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE D'IMPACT :

L'étude d'impact sur l'environnement a pour objectif principal d'identifier et d'évaluer les effets directs et indirects du projet sur le milieu naturel, physique et humain. Elle permet également de proposer des mesures destinées à réduire, maîtriser ou compenser les impacts négatifs liés à la réalisation et à l'exploitation de l'infrastructure routière.

Dans le cadre du présent projet, les objectifs de cette étude sont les suivants :

- intégrer les contraintes environnementales dans la conception du projet ;
- identifier les impacts du tracé sur les sols, les eaux, le paysage, la faune, la flore et les activités humaines ;
- évaluer les nuisances temporaires liées à la phase de chantier ;
- proposer des mesures de protection et d'atténuation adaptées au site ;
- assurer une meilleure intégration de l'évitement dans son milieu naturel et agricole ;

préserver la stabilité des talus et limiter les phénomènes d'érosion et de ruissellement.

XII.3. ÉTAT INITIAL ET ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX :

L'analyse de l'état initial permet de caractériser les principales composantes du milieu récepteur avant la réalisation du projet. Elle constitue une étape essentielle pour apprécier la sensibilité de la zone d'étude et orienter le choix des mesures de protection.

La zone concernée par l'évitement Ouest de Ténès présente un relief variable, avec des secteurs en pente, des zones de déblais et de remblais, ainsi que des écoulements naturels à rétablir. La nature géologique à dominante marneuse et argilo-marneuse peut favoriser l'érosion superficielle lorsque les terrains sont exposés aux eaux pluviales. Les enjeux environnementaux du projet sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau XII. 1: Principaux enjeux environnementaux de la zone d'étude

Milieu	Composantes concernées	Sensibilité	Enjeux pour le projet
Milieu physique	Relief, sols marneux, talus, déblais et remblais	Moyenne à forte	Limiter l'érosion, stabiliser les talus et maîtriser les terrassements.
Milieu hydrique	Eaux de ruissellement, fossés, ouvrages hydrauliques	Moyenne	Assurer l'évacuation des eaux et éviter les stagnations ou la pollution.
Milieu biologique	Espaces naturels, végétation locale, petite faune	Faible à moyenne	Réduire les perturbations et éviter l'emprise inutile hors tracé.
Milieu humain	Riverains, accès locaux, activités agricoles	Moyenne	Maintenir les accès, réduire les nuisances et sécuriser la circulation.
Paysage	Relief, plate-forme routière, carrefours giratoires	Moyenne	Assurer une bonne intégration visuelle de l'infrastructure.

XII.4. ÉVALUATION DES EFFETS DU PROJET :

L'évaluation des effets du projet consiste à analyser les impacts pouvant apparaître pendant la phase de réalisation des travaux et pendant la phase d'exploitation de la route. Les impacts temporaires sont généralement liés au chantier, aux mouvements des engins, aux terrassements et à l'utilisation des matériaux. Les impacts durables concernent surtout l'occupation du sol, la modification du paysage, le fonctionnement hydraulique et l'usage de l'infrastructure après sa mise en service.

Dans le cas de l'évitement Ouest de la ville de Ténès, les impacts doivent être appréciés en tenant compte du relief de la zone, de la nature géologique des terrains, de la présence de talus, des écoulements superficiels et des espaces agricoles traversés.

XII.4.1. Impacts temporaires liés aux travaux :

Les impacts temporaires correspondent aux effets produits pendant la période de chantier. Ils sont principalement dus aux terrassements, à la circulation des engins, au transport des matériaux, aux installations de chantier et aux opérations de construction des ouvrages hydrauliques et routiers.

Le principal impact positif attendu pendant cette phase concerne la création d'emplois temporaires et l'activité économique générée par le chantier. En revanche, plusieurs impacts négatifs peuvent apparaître si les travaux ne sont pas correctement organisés.

Tableau XII. 2 : Impacts temporaires liés à la phase de travaux

Activité de chantier	Impact potentiel	Milieu concerné	Importance	Observation
Terrassements	Production de poussières, remaniement des sols, risque d'érosion	Air, sols	Moyenne	Impact limité si l'arrosage et la protection des talus sont assurés.
Circulation des engins	Bruit, vibrations, émissions de gaz d'échappement	Air, riverains	Faible à moyenne	Impact temporaire dépendant de la proximité des habitations.
Stockage des matériaux	Envol de poussières et ruissellement chargé en fines	Air, eaux	Moyenne	Nécessite une bonne organisation des aires de dépôt.
Entretien des engins	Risque de fuites d'huiles et d'hydrocarbures	Sols, eaux	Moyenne	Les opérations doivent être réalisées dans des zones aménagées.
Travaux près des écoulements	Perturbation temporaire de l'écoulement naturel	Eaux superficielles	Moyenne	Prévoir des dispositifs provisoires d'évacuation.

XII.4.2. Impacts sur la qualité de l'air :

Pendant la phase de réalisation, la qualité de l'air peut être affectée par les poussières produites lors des terrassements, du transport des matériaux, du déchargement des granulats et du déplacement

des engins sur les pistes de chantier. Les émissions de gaz d'échappement proviennent principalement des camions, compacteurs, chargeurs et autres engins utilisés sur le site.

Dans le présent projet, cet impact reste généralement temporaire. Il peut toutefois devenir plus sensible dans les périodes sèches et venteuses, notamment au niveau des zones proches des accès existants ou des habitations isolées. L'arrosage régulier des pistes et la limitation de la vitesse des engins permettent de réduire fortement ces nuisances.

XII.4.3. Impacts sur les sols :

Les impacts sur les sols sont liés principalement aux déblais, aux remblais, au décapage de la terre végétale et à l'ouverture des plateformes de chantier. La présence de formations marneuses et argilo-marneuses rend certains secteurs sensibles à l'érosion superficielle, surtout lorsque les sols sont exposés aux eaux pluviales.

Les terrassements peuvent également modifier localement la topographie et créer des talus nécessitant une protection adaptée. L'impact sur les sols est donc jugé moyen, mais il peut être maîtrisé par une bonne gestion des eaux, la stabilisation des talus et la remise en état des zones occupées temporairement par le chantier.

XII.4.4. Impacts sur les eaux superficielles et souterraines :

Les principaux risques pour les eaux sont liés au ruissellement provenant du chantier, au transport de matières fines, ainsi qu'aux déversements accidentels d'huiles, de carburants ou de produits bitumineux. Ces risques peuvent affecter les eaux superficielles, les fossés et les écoulements naturels traversés par le projet.

Le projet prévoit des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques afin de rétablir les écoulements naturels et d'assurer l'évacuation des eaux pluviales. La bonne exécution de ces ouvrages est essentielle pour éviter les stagnations, l'érosion des talus et la dégradation de la chaussée.

XII.4.5. Impacts dus au bruit et aux vibrations :

Les nuisances sonores et les vibrations sont principalement générées par les engins de chantier, les travaux de compactage, le transport des matériaux et les opérations de terrassement. Ces nuisances sont temporaires et limitées à la durée des travaux.

L'importance de cet impact dépend de la distance entre les zones de chantier et les habitations ou équipements sensibles. Dans les secteurs proches des accès locaux, il est nécessaire d'organiser les travaux durant des horaires adaptés et de maintenir les engins en bon état afin de limiter les nuisances.

XII.4.6. Impacts sur le paysage :

La réalisation de l'évitement entraîne une modification locale du paysage par l'implantation de la plate-forme routière, des talus, des carrefours giratoires et des ouvrages hydrauliques. Cette modification est plus visible dans les secteurs ouverts et dans les zones de relief.

Toutefois, l'intégration paysagère du projet peut être améliorée par le traitement des talus, le nettoyage des emprises après travaux, la remise en état des zones de dépôt et la limitation des surfaces occupées en dehors de l'emprise nécessaire.

XII.4.7. Impacts sur la faune, la flore et les espaces naturels :

Les travaux peuvent provoquer une perturbation temporaire de la faune locale par le bruit, la présence des engins et la modification de certains habitats. La flore peut également être affectée par le défrichement ponctuel, le décapage et l'occupation temporaire des sols.

En l'absence de données indiquant la présence d'espèces sensibles au niveau du tracé, l'impact est considéré comme faible à moyen. Il reste cependant nécessaire de limiter les interventions hors emprise, d'éviter les dépôts anarchiques et de remettre en état les zones temporairement occupées.

XII.4.8. Impacts sur les activités agricoles et les accès :

Le tracé traverse localement des espaces agricoles et des terrains appartenant à des particuliers. La réalisation de l'infrastructure peut donc entraîner une perte d'emprise, une modification de certains accès et une gêne temporaire pendant la phase des travaux.

L'impact sur l'agriculture dépend de la surface effectivement occupée par la plate-forme routière, les talus et les ouvrages annexes. Les mesures de rétablissement des accès et la limitation de l'emprise temporaire du chantier permettent de réduire cet impact.

XII.4.9. Impacts durables liés à l'exploitation de la route :

Après la mise en service de l'évitement, certains impacts deviennent permanents. Ils concernent principalement l'occupation du sol, la présence de l'infrastructure dans le paysage, le ruissellement routier et l'évolution des conditions de circulation dans la zone d'étude.

Les impacts positifs attendus sont importants, car le projet permet d'améliorer la liaison entre la RN11 et la RN19, de réduire certains conflits de circulation, d'améliorer la sécurité des usagers et de faciliter les déplacements autour de la ville de Ténès et des localités desservies.

Tableau XII. 3 : Synthèse des impacts durables liés à l'exploitation

Aspect	Impact attendu	Nature	Importance
Circulation	Amélioration de la fluidité et réduction des points de conflit	Positif	Forte
Sécurité routière	Meilleure organisation des échanges avec les routes raccordées	Positif	Forte
Temps de parcours	Amélioration des conditions de déplacement entre RN11 et RN19	Positif	Moyenne à forte
Sols	Occupation définitive de l'emprise routière	Négatif	Moyenne
Eaux	Ruissellement routier à collecter et évacuer	Négatif maîtrisable	Moyenne
Paysage	Présence durable de la route, des talus et des carrefours	Négatif maîtrisable	Faible à moyenne

XII.5. MESURES D'ATTÉNUATION DES IMPACTS :

Les mesures d'atténuation ont pour but de réduire les effets négatifs du projet sur l'environnement pendant les travaux et pendant l'exploitation. Elles doivent être intégrées dans l'organisation du chantier, dans la réalisation des ouvrages et dans l'entretien de l'infrastructure.

XII.5.1. Mesures liées à l'organisation du chantier :

- délimiter clairement l'emprise du chantier afin d'éviter les occupations inutiles des terrains voisins ;
- installer les bases de vie, zones de stockage et aires de stationnement dans des zones adaptées et éloignées des écoulements naturels ;
- assurer une signalisation provisoire claire pour protéger les usagers et les ouvriers ;
- organiser la circulation des engins afin de limiter les déplacements inutiles et les émissions de poussières ;
- nettoyer régulièrement les voies empruntées par les camions et les engins.

XII.5.2. Mesures relatives à l'air et aux poussières :

- arroser régulièrement les pistes de chantier, surtout en période sèche ;
- limiter la vitesse des engins et des camions à l'intérieur du chantier ;

- bâcher les camions transportant des matériaux fins ou pulvérulents ;
- éviter les dépôts de matériaux non protégés dans les zones exposées au vent ;
- assurer l'entretien régulier des engins afin de réduire les émissions polluantes.

XII.5.3. Mesures relatives aux sols et aux talus :

- éviter les décapages excessifs et conserver, lorsque cela est possible, la terre végétale pour la remise en état ;
- protéger les talus sensibles contre le ruissellement et l'érosion ;
- réaliser les fossés et ouvrages d'assainissement avant l'exposition prolongée des talus aux pluies ;
- éviter les dépôts anarchiques de matériaux en dehors de l'emprise autorisée ;
- remettre en état les zones de chantier après la fin des travaux.

XII.5.4. Mesures relatives aux eaux :

- prévoir des dispositifs provisoires d'évacuation des eaux pendant les travaux ;
- interdire le lavage et l'entretien des engins à proximité des écoulements naturels ;
- stocker les huiles, carburants et produits bitumineux sur des aires étanches ou protégées ;
- assurer la réalisation correcte des fossés, buses et dalots prévus par l'étude hydraulique ;
- éviter l'obstruction des écoulements naturels par les dépôts de matériaux.

XII.5.5. Mesures relatives au bruit et à la sécurité :

- limiter les travaux bruyants aux horaires de travail habituels ;
- assurer l'entretien des engins pour réduire les bruits anormaux ;
- mettre en place une signalisation temporaire visible et conforme ;
- maintenir des accès sécurisés pour les riverains et les exploitants agricoles ;
- équiper les ouvriers des moyens de protection individuelle nécessaires.

XII.5.6. Mesures relatives à la faune, à la flore et au paysage :

- limiter les interventions aux zones strictement nécessaires au projet ;
- éviter la destruction inutile de la végétation hors emprise ;
- réaliser une remise en état des terrains temporairement occupés ;
- intégrer les talus et les carrefours dans le paysage par un nettoyage et un traitement appropriés ;

- préserver les écoulements naturels pour maintenir la continuité écologique locale.

Tableau XII. 4 : Mesures d'atténuation proposées

Impact	Phase	Mesures proposées	Objectif recherché
Poussières	Travaux	Arrosage des pistes, bâchage des camions, limitation de la vitesse	Réduire la pollution de l'air.
Érosion des sols	Travaux	Protection des talus, drainage provisoire, remise en état	Limiter la dégradation des sols.
Pollution des eaux	Travaux / exploitation	Stockage contrôlé des produits, ouvrages d'assainissement, entretien des fossés	Préserver les eaux superficielles.
Bruit et vibrations	Travaux	Horaires adaptés, entretien des engins, organisation du chantier	Réduire les nuisances pour les riverains.
Perte d'emprise agricole	Exploitation	Rétablissement des accès, limitation des occupations temporaires	Réduire la gêne aux propriétaires et exploitants.
Modification du paysage	Travaux / exploitation	Traitement des talus, nettoyage du site, intégration paysagère	Améliorer l'insertion du projet.

XII.6. SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE :

La synthèse suivante permet de regrouper les principaux effets du projet et leur niveau d'importance après prise en compte des mesures d'atténuation proposées.

Tableau XII. 5 : Synthèse de l'importance des impacts après mesures

Composante	Impact principal	Importance avant mesures	Importance après mesures
Air	Poussières et émissions des engins	Moyenne	Faible
Sols	Décapage, terrassements, érosion	Moyenne à forte	Moyenne
Eaux	Ruissellement, pollution accidentelle	Moyenne	Faible à moyenne
Bruit	Nuisances sonores temporaires	Moyenne	Faible
Faune et flore	Perturbation et occupation d'espaces naturels	Faible à moyenne	Faible
Agriculture	Perte d'emprise et gêne aux accès	Moyenne	Faible à moyenne
Circulation	Amélioration de la fluidité et de la sécurité	Positive	Positive forte

XII.7. CONCLUSION :

L'étude d'impact sur l'environnement du projet de l'évitement Ouest de la ville de Ténès montre que les principaux effets négatifs sont liés à la phase de réalisation des travaux. Ils concernent surtout les poussières, le bruit, les terrassements, la gestion des eaux de ruissellement, l'érosion des talus et l'occupation temporaire des terrains.

Ces impacts restent maîtrisables à condition d'appliquer les mesures d'atténuation proposées, notamment l'organisation rigoureuse du chantier, l'arrosage des pistes, la protection des talus, la bonne gestion des déchets et des hydrocarbures, ainsi que la réalisation correcte des ouvrages d'assainissement.

En phase d'exploitation, le projet présente des effets positifs importants, notamment l'amélioration des conditions de circulation, le renforcement de la sécurité routière et la meilleure liaison entre la RN11 et la RN19. Ainsi, avec une bonne application des mesures environnementales, le projet peut être intégré de manière acceptable dans son milieu naturel, agricole et humain.

CHAPITRE XIII
DEVIS ESTIMATIF
QUANTITATIF

ART	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant en HT/DA
I- TERRASSEMENT					
I-1	Décapage terre végétale (ouverture des voies) sur une épaisseur moyenne de 20 cm, pour la chaussée et trottoir, effectué à l'aide d'engin mécanique y compris évacuation remblai et décharge publics existant et débroussaillage et abattage des arbustes, mise en dépôt provisoire et toutes sujétions de bonne exécution,	M2	252 000,00	300,00	75 600 000,00
I-2	Déblais en grande masse effectué à l'aide d'engin mécanique suivant plans et profils pour la chaussée et trottoir, y compris dressage des talus et toutes sujétions de bonne exécution,	M3	1 231 594,70	350,00	431 058 145,00
I-3	Remblais de chaussée et trottoirs en TVN/ TUFF selon profil en long y compris compactage et arrosage, par couches, Ansi que toutes sujétions de bonne exécution,	M3	573 456,00	700,00	401 419 200,00
I-4	Plus-value Terrassement du terrain rocheux effectué à l'aide d'engin mécanique nécessitant l'emploi de compresseur ou engins de puissance supérieur à 250 CV ,y compris évacuation des terres et des roches excédentaires à la décharge publique sur un rayon supérieur de 15 km	M3	123 159,47	3 200,00	394 110 304,00
I-5	Evacuation des terres excédentaires à la décharge publique réglementée à cet effet, y compris chargement, déchargement et le transport ainsi que foisonnement des terres avec étalage, sur un rayon supérieur de 15 km é,	M3	1 405 154,17	250,00	351 288 542,50
				S / TOTAL 01	1 653 476 191,50
II-REVETEMENT DES CHAUSSEES					
II-1	Couche de fondation : F/P d'une couche de fondation en grave bitume GB ép,=13cm, conformément aux plans d'exécution y compris couche d'accrochage et transport, étalage, réglage, compactage, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution	T	54537,60	8 000,00	436300800,00
II-2	Couche de base : F/P d'une couche de base en grave bitume GB ép,=13cm, conformément aux plans d'exécution y compris transport, étalage, réglage, compactage, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution	M3	54537,60	8 000,00	436300800,00
II-3	Couche en d'imprégnation F/P d'une couche en d'imprégnation cut back ép, 01 y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	182400,00	120,00	21888000,00
II-4	Couche de roulement : F/P d'une couche de roulement en béton bitumineux ép 8 cm y compris toutes sujétions de bonne exécution	T	34291,20	10 000,00	342912000,00

II-5	Couche de forme F/P d'une couche de forme ép=0,60 m en matériau non traité (TVC 0/40mm) pour l'amélioration sol support de faible portance conformément aux plans d'exécution y compris transport, étalage, réglage, arrosage, compactage en deux couche de 30 cm, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution	M3	145440,00	1 200,00	174528000,00
II-6	Rechargement accotement F/P d'une couche en grave non traité GNT0/25 mm ép=0,35 m pour rechargement les accotements conformément aux plans d'exécution y compris transport, étalage, réglage, arrosage, compactage, essai des matériaux, essai compacité et toutes sujétions de bonne exécution	M3	32723,10	2 000,00	65446200,00
				S / TOTAL 02	1477375800,00
III- aménagements des carrefours giratoire					
III-1	F/P de bordure de trottoirs 15*25*100 béton préfabriqué 1er choix y compris assise en béton de pose 10 cm, jointement, épaulement et toutes sujétions de bonne exécution pour l'aménagement l'anneau centrale des carrefours giratoire ,	ML	785,00	1 200,00	942000,00
III-2	Couche de fondation en T,V,C de 15 cm arrosé compactée pour pourtours de 2 m au niveau des carrefours giratoires , et toutes sujétions de bonne exécution	M3	235,50	1 100,00	259050,00
III-3	fourniture et mise en œuvre" du pavé en béton PAVÉ I EP. 6CM GRIS ARDOISE (36 PAVÉS / M²) signifie que l'entrepreneur est responsable de fournir les pavés, de préparer le terrain, de poser les pavés de manière correcte, de s'assurer de leur stabilité et de leur bon alignement, ainsi que de garantir la finition soignée de l'ouvrage. Le tout doit être réalisé en respectant les normes de bonne exécution	M2	1570,00	2 800,00	4396000,00
				S / TOTAL 03	5597050,00
IV- Ouvrage hydraulique (OUVRAGE Dalot+buse)					
IV-1	Réalisation des ouvrages busé en CAO Dn1000 mm y compris terrassement ,béton de propreté ,béton armé dosé a 350 kg/m3 pour murs en ailes, puisards, têtes d'ouvrages, remblaiement avec matériaux non traité TVC et toutes sujétions de bonne exécutions ,	MI	24,00	30 000,00	720 000,00
IV-2	Réalisation des ouvrages busé en CAO DN1200mm avec deux cellule batterie des buses y compris terrassement ,béton de propreté ,béton armé dosé a 350 kg/m3 pour murs en ailes, puisards,têtes d'ouvrages remblaiement avec matériaux non traité TVC et toutes sujétions de bonne exécutions ,	MI	50,00	35 000,00	1 750 000,00

IV-3	Réalisation des ouvrages busé en CAO DN1500mm à trois cellules, y compris terrassement ,béton de propreté ,béton armé dosé a 350 kg/m3 pour murs en ailes, puisards, têtes d'ouvrages, remblaiement avec matériaux non traité TVC et toutes sujétions de bonne exécutions ,	MI	70,00	40 000,00	2 800 000,00
IV-4	Réalisation une dalot de dimension (02,50m*2,50m*24m) et 03 dalots de dimension (03,00m*3,00m*24m) dosé a 350kg/m3 y compris garde corps métallique et l'étanchéité sur dalle en VV40S armé , Chape de protection en béton légèrement armé épaisseur 30cm ainsi que Traitement des joints extérieurs en pax-allumin et Peinture bitumineuse pour les parties enterrée le tout exécuté suivant détail et conformément à l'étude d'exécution ainsi que toutes sujétions de bonne exécution	ENS	4,00	2 000 000,00	8 000 000,00
				S / TOTAL 04	13 270 000,00
V- PAROI CLOUEE DE SOUTENEMENT (H=20 m ; L=125 m)					
V-1	Installation de chantier	FF	1,00	500 000,00	500 000,00
V-2	Terrassement en talus instable	M3	2 500,00	800,00	2 000 000,00
V-3	Forage Ø100 mm pour clous	ML	11 760,00	4 500,00	52 920 000,00
V-4	Fourniture et pose clous HA25 L=12 m	ML	11 760,00	6 500,00	76 440 000,00
V-5	Injection de coulis de ciment	M3	92,30	25 000,00	2 307 500,00
V-6	Béton projeté armé ép.15 cm	M3	375,00	22 000,00	8 250 000,00
V-7	Trellis soudé	M2	2 500,00	1 800,00	4 500 000,00
V-8	Drains horizontaux	ML	130,00	2 500,00	325 000,00
V-9	Geotextiles filtrant	M2	2 500,00	700,00	1 750 000,00
V-10	Fossé de crête	ML	125,00	4 000,00	500 000,00
				S / TOTAL 05	149 492 500,00
VI- MURS DE SOUTENEMENT EN BETON					
VI-1	Fouilles en tranchées en terrain compact, y compris toutes manutentions et toutes sujétions d'exécution.	M3	2 550,00	300,00	765 000,00
VI-2	Fouilles en tranchées en sols rocheux nécessitant l'emploi de compresseur ou engins de puissance supérieur à 250 CV	M3	255,00	3 500,00	892 500,00
VI-3	Béton de propreté dosé à 250 kg/m3	M3	200,00	9 000,00	1 800 000,00
VI-4	Béton armé dosé à 350kg/m3 pour semelles filante ,poteaux , chainage horizontale y/c toutes sujétions de mise en œuvre	M3	660,00	35 000,00	23 100 000,00

VI-5	Exécution du béton armé dosé à 350kg/m3 pour mur de soutènement pour une hauteur supérieur ou égale à 3,00m y compris barbacane selon les plans d'exécution,	M3	740,00	32 000,00	23 680 000,00
VI-6	Drainage selon le détail des plans d'exécution y compris cailloux, gravier 15/25, gravier 08/15, Sable, TVC	M3	3 600,00	2 000,00	7 200 000,00
VI-7	F/P conduite en PVC perforée Ø 200 PN6 selon la pente exigée	ML	430,00	2 300,00	989 000,00
	Réalisation Escalier en béton armé dosé à 350 kg/m3	M3	10,00	32 000,00	320 000,00
	Réalisation d'un caniveau en béton armé avec Treillis soudé ép = 10 dim 40x40 avec grille en fonte	ML	430,00	2 000,00	860 000,00
VI-8	F/P barreaudage en fer forger y compris fixation peinture H=1,00 m		450,00	10 000,00	4 500 000,00
				S / TOTAL 06	64 106 500,00
VII- Signalisation Horizontale et Verticale					
VII-1	F/P de la signalisation verticale nécessaire au projet. Les panneaux de danger, d'interdiction, d'obligation, d'indication et de direction seront conformes à la réglementation et aux normes en vigueur. Le prix comprend la fourniture des panneaux, supports, accessoires de fixation, le transport, l'implantation, le scellement ainsi que toutes les sujétions nécessaires à leur mise en œuvre complète.	U	470,00	4 000,00	1 880 000,00
VII-2	la signalisation horizontale sur chaussée, conformément aux plans d'exécution et aux prescriptions techniques en vigueur. Les travaux comprennent le nettoyage et la préparation du support, le marquage au sol par peinture ou produit thermoplastique, la fourniture des matériaux, la mise en œuvre, le traçage, le séchage, la protection de la zone de travail ainsi que toutes sujétions de bonne exécution.				
	Nettoyage et préparation du support	m²	20,00	20,00	400,00
	Marquage T1 ligne continue blanche 12 cm	ML	24 000,00	180,00	4 320 000,00
	Marquage T2 ligne discontinue blanche 18 cm	ML	48 000,00	160,00	7 680 000,00
	Marquage T3 ligne de rive blanche 12 cm	ML	24 000,00	180,00	4 320 000,00
	Passage piston thermoplasties	ML	100,00	3 500,00	350 000,00
				S / TOTAL 07	18 550 400,00
VIII- ECLAIRAGE EXTERIEUR					
VIII-1	F/P de candélabres cylindro-conique en galvanisé avec peinture polyester en thermo laqué, hauteur de 08 m, y compris fouille en trou ,socle, double	U	420,00	90 000,00	37800000,00

	crosses, massif en béton , platines, tiges d'ancrages et toutes sujétions de bonne exécutions				
VIII-2	Fourniture et pose d'un système d'éclairage intégré en énergie photovoltaïque composé de : 02 panneaux solaires, luminaire LED 60W en huit ampoules LED, une batterie qui peut être remplacer par les utilisateurs, Grand angle de détection 120°, et toutes sujétion de bonne exécution	U	420,00	120 000,00	50400000,00
				S / TOTAL 08	88200000,00
Montant en HT /DA					3470068441,5
TVA 19 %					659313003,885
Montant en TTC /DA					4129381445,385

**Quatre milliards cent vingt-neuf millions trois
cent quatre-vingt-un mille quatre cent
quarante-cinq dinars algériens**

CONCLUSION GENERALE

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

Sur le plan technique, notre étude a abouti à la conception d'un tracé optimal d'une longueur de 12 km, aménagé selon un profil en travers de 2x2 voies séparées par un Terre-Plein Central (TPC). L'analyse du trafic et la portance du sol nous ont conduits à retenir une structure de chaussée rigoureuse (type MTB), composée d'une couche de roulement de 8 cm en Béton Bitumineux (BB) et de deux couches de base et fondation de 13 cm en Grave Bitume (GB) chacune.

Le tracé traversant un relief montagneux accidenté, les terrassements ont généré des volumes importants, évalués à 1 421 151 m³ de déblais contre 452 552 m³ de remblais. Pour faire face à ces contraintes topographiques et géotechniques, des ouvrages de soutènement majeurs ont été dimensionnés, notamment une paroi clouée pour stabiliser un talus critique de 20 m de hauteur en déblai, ainsi qu'un mur de soutènement en béton armé de 8 m de hauteur.

La pérennité de l'infrastructure a également été assurée par une étude hydrologique approfondie, menant à la conception de dalots (jusqu'à 3x3 m) et de buses (Ø1000 à Ø1500 mm) pour garantir un drainage efficace des eaux pluviales. Enfin, l'intégration de cinq carrefours giratoires et d'un éclairage public écologique et autonome (solaire photovoltaïque) vient couronner ce projet en alliant sécurité optimale et respect de l'environnement.

En résumé, ce travail nous a permis de consolider nos acquis académiques et de renforcer nos compétences en ingénierie routière. L'évitement de Ténès illustre parfaitement comment une planification stratégique et une ingénierie minutieuse peuvent se conjuguer pour créer des infrastructures durables, répondant aux défis du développement urbain et aux normes de sécurité les plus strictes.

BIBLIOGRAPHY

- [1] « Direction des Travaux Publics (DTP) Chlef ».
- [2] « DUAC - Direction de l'urbanisme de l'architecture et de la construction wilaya de Chlef ».
- [3] « DHW Direction Hydraulique de la Wilaya de Chlef ».
- [4] « Études générales techniques et économiques des aménagements routiers – B40 – Normes techniques d'aménagement des routes ».
- [5] « LTP/ Laboratoire des Travaux Publics de l'Est / Setif Zone industrielle, Setif, Algérie, ».
- [6] « CGS, « Règles Parasismiques Algériennes (RPA) 2024 ».
- [7] « GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes, LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300 ».
- [8] « Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P). ».
- [9] « Manuel de projet de routes, édition OPU, 2011. Kalli Fatima .Zohra née Rahal, GOUMETTRE Ahmed ».
- [10] « Signalisation routière. ».
- [11] « Cours de routes ENSTP 3ème année. ».
- [12] « Cours de routes ENSTP 4ème année. ».
- [13] « Cours de routes ENSTP 5ème année. ».
- [14] « Cours hydraulique ENSTP 4ème année ».
- [15] « ENSTP anciennes mémoires de fin d'étude. »

ANNEXE

Axe En Plan

Axe : Axe 01

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 368.42gr	51.765	0.000	347357.760	4036149.450
Clothoïde 1	Paramètre 213.307	91.000	51.765	347333.125	4036194.977
Arc 1	Rayon 500.000 m	9.326	142.765	347287.428	4036273.633
	Centre X 346871.120 m				
	Centre Y 4035996.708 m				
Clothoïde 2	Paramètre -213.307	91.000	152.092	347282.190	4036281.350
Droite 2	Gisement 355.65gr	241.589	243.092	347225.965	4036352.860
Clothoïde 3	Paramètre -164.347	73.000	484.680	347070.953	4036538.160
Arc 2	Rayon -370.000 m	37.575	557.680	347025.998	4036595.636
	Centre X 347331.793 m				
	Centre Y 4036803.938 m				
Clothoïde 4	Paramètre 164.347	73.000	595.256	347006.456	4036627.711
Droite 3	Gisement 374.68gr	87.497	668.256	346975.994	4036694.016
Clothoïde 5	Paramètre -103.489	51.000	755.753	346942.100	4036774.682
Arc 3	Rayon -210.000 m	113.990	806.753	346924.274	4036822.429
	Centre X 347126.306 m				
	Centre Y 4036879.728 m				
Clothoïde 6	Paramètre 103.489	51.000	920.743	346923.717	4036935.024
Droite 4	Gisement 24.69gr	53.527	971.743	346941.070	4036982.946
Clothoïde 7	Paramètre 175.499	77.000	1025.270	346961.315	4037032.496
Arc 4	Rayon 400.000 m	9.549	1102.270	346988.127	4037104.643
	Centre X 346605.017 m				
	Centre Y 4037219.651 m				
Clothoïde 8	Paramètre -175.499	77.000	1111.819	346990.763	4037113.821
Droite 5	Gisement 10.92gr	21.880	1188.819	347006.325	4037189.200
			1210.698	347010.060	4037210.758
Longueur totale de l'axe 1210.698 mètre(s)					

Axe : Axe 02

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 316.41gr	232.010	0.000	347007.115	4037193.758
Clothoïde 1	Paramètre 175.499	77.000	232.010	346782.775	4037252.919
Arc 1	Rayon 400.000 m	267.983	309.010	346707.759	4037270.148
	Centre X 346643.404 m				
	Centre Y 4036875.359 m				
Clothoïde 2	Paramètre -175.499	77.000	576.993	346448.704	4037224.775
Droite 2	Gisement 261.51gr	96.848	653.993	346384.009	4037183.077
Clothoïde 3	Paramètre 175.499	77.000	750.841	346304.330	4037128.024
Arc 2	Rayon 400.000 m	26.470	827.841	346242.443	4037082.263
	Centre X 346500.395 m				
	Centre Y 4036776.549 m				
Clothoïde 4	Paramètre -175.499	77.000	854.311	346222.792	4037064.536
Droite 3	Gisement 245.04gr	159.368	931.311	346170.916	4037007.675
Clothoïde 5	Paramètre -89.722	46.000	1090.680	346067.337	4036886.558
Arc 3	Rayon -175.000 m	411.490	1136.680	346035.962	4036852.967
	Centre X 345919.016 m				
	Centre Y 4036983.155 m				
Clothoïde 6	Paramètre 89.722	46.000	1548.169	345744.224	4036991.675
Droite 4	Gisement 11.47gr	91.786	1594.169	345750.471	4037037.214
			1685.955	345766.916	4037127.514
Longueur totale de l'axe 1685.955 mètre(s)					

Axe : Axe 03

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 75.56gr	59.400	0.000	345766.916	4037127.514
Clothoïde 1	Paramètre 103.489	51.000	59.400	345821.994	4037149.758
Arc 1	Rayon 210.000 m	194.251	110.400	345868.441	4037170.741
	Centre X 345766.792 m				
	Centre Y 4037354.500 m				
Clothoïde 2	Paramètre -103.489	51.000	304.651	345974.722	4037325.087
Droite 2	Gisement 1.22gr	61.746	355.651	345977.756	4037375.964
Clothoïde 3	Paramètre 118.322	56.000	417.397	345978.935	4037437.698
Arc 2	Rayon 250.000 m	91.879	473.397	345977.914	4037493.658
	Centre X 345728.993 m				
	Centre Y 4037470.465 m				
Clothoïde 4	Paramètre -118.322	56.000	565.276	345952.959	4037581.546
Droite 3	Gisement 363.56gr	9.754	621.276	345924.419	4037629.692
Clothoïde 5	Paramètre 100.000	50.000	631.030	345919.136	4037637.891
Arc 3	Rayon 200.000 m	353.232	681.030	345890.345	4037678.728
	Centre X 345737.045 m				
	Centre Y 4037550.279 m				
Clothoïde 6	Paramètre -100.000	50.000	1034.262	345581.281	4037675.729
Droite 4	Gisement 235.21gr	186.789	1084.262	345553.288	4037634.341
			1271.052	345455.177	4037475.393
Longueur totale de l'axe 1271.052 mètre(s)					

Axe : Axe 04

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 244.36gr	49.733	0.000	345455.177	4037475.393
Clothoïde 1	Paramètre -224.388	95.000	49.733	345423.261	4037437.251
Arc 1	Rayon -530.000 m	87.173	144.733	345360.169	4037366.272
	Centre X 344985.774 m				
	Centre Y 4037741.410 m				
Clothoïde 2	Paramètre 224.388	95.000	231.907	345293.692	4037310.033
Droite 2	Gisement 266.24gr	158.667	326.907	345213.241	4037259.574
Clothoïde 3	Paramètre -118.322	56.000	485.574	345076.366	4037179.320
Arc 2	Rayon -250.000 m	28.663	541.574	345027.062	4037152.833
	Centre X 344925.508 m				
	Centre Y 4037381.277 m				
Clothoïde 4	Paramètre 118.322	56.000	570.237	345000.261	4037142.715
Droite 3	Gisement 287.80gr	27.566	626.237	344945.753	4037130.010
			653.802	344918.692	4037124.760
Longueur totale de l'axe 653.802 mètre(s)					

Axe : Axe 05

Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 345.20gr	270.824	0.000	344918.692	4037124.760
Clothoïde 1	Paramètre -90.995	46.000	270.824	344713.308	4037301.290
Arc 1	Rayon -180.000 m	25.456	316.824	344679.756	4037332.709
	Centre X 344813.523 m				
	Centre Y 4037453.151 m				
Clothoïde 2	Paramètre 90.995	46.000	342.280	344664.115	4037352.766
Droite 2	Gisement 370.47gr	7.551	388.280	344641.819	4037392.964
Clothoïde 3	Paramètre 100.000	50.000	395.831	344638.441	4037399.717
Arc 2	Rayon 200.000 m	80.565	445.831	344614.246	4037443.434
	Centre X 344447.928 m				
	Centre Y 4037332.356 m				
Clothoïde 4	Paramètre -100.000	50.000	526.396	344557.389	4037499.742
Droite 3	Gisement 328.91gr	64.174	576.396	344513.440	4037523.513
Clothoïde 5	Paramètre 118.322	56.000	640.569	344455.772	4037551.665
Arc 3	Rayon 250.000 m	9.761	696.569	344404.595	4037574.324
	Centre X 344320.718 m				
	Centre Y 4037338.815 m				
Clothoïde 6	Paramètre -118.322	56.000	706.330	344395.338	4037577.419
Droite 4	Gisement 312.17gr	21.384	762.330	344340.823	4037590.093
Clothoïde 7	Paramètre -118.322	56.000	783.715	344319.828	4037594.155
Arc 4	Rayon -250.000 m	37.980	839.715	344265.313	4037606.829
	Centre X 344339.934 m				
	Centre Y 4037845.433 m				
Clothoïde 8	Paramètre 118.322	56.000	877.694	344230.064	4037620.870
Droite 5	Gisement 336.10gr	81.983	933.694	344181.765	4037649.149
Clothoïde 9	Paramètre 118.322	56.000	1015.677	344112.611	4037693.184
Arc 5	Rayon 250.000 m	85.755	1071.677	344064.312	4037721.463
	Centre X 343954.442 m				
	Centre Y 4037496.900 m				
Clothoïde 10	Paramètre -118.322	56.000	1157.432	343982.384	4037745.333
Droite 6	Gisement 300.00gr	136.088	1213.432	343926.454	4037747.422
Clothoïde 11	Paramètre -79.373	42.000	1349.520	343790.366	4037747.422
Arc 6	Rayon -150.000 m	165.758	1391.520	343748.448	4037749.379
	Centre X 343769.380 m				
	Centre Y 4037897.912 m				
Clothoïde 12	Paramètre 79.373	42.000	1557.279	343627.268	4037849.910
Droite 7	Gisement 388.18gr	61.091	1599.279	343617.603	4037890.745
Clothoïde 13	Paramètre 73.485	40.000	1660.370	343606.321	4037950.786
Arc 7	Rayon 135.000 m	148.465	1700.370	343597.012	4037989.647
	Centre X 343469.467 m				
	Centre Y 4037945.405 m				
Clothoïde 14	Paramètre -73.485	40.000	1848.835	343487.926	4038079.137
Droite 8	Gisement 299.30gr	9.549	1888.835	343447.994	4038080.671
Clothoïde 15	Paramètre -70.711	40.000	1898.384	343438.446	4038080.566
Arc 8	Rayon -125.000 m	56.110	1938.384	343398.527	4038082.257
	Centre X 343417.085 m				
	Centre Y 4038205.871 m				
Clothoïde 16	Paramètre 70.711	40.000	1994.494	343346.722	4038102.556
Droite 9	Gisement 348.25gr	31.217	2034.494	343316.281	4038128.435
Clothoïde 17	Paramètre 83.905	44.000	2065.711	343293.609	4038149.893

Axe En Long

Axe : Axe 01

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 2.93 %	440.866	25.784	115.216
Parabole 1	Rayon 10000.000 m	147.689	466.650	128.132
	Sommet Absc. 173.676 m			
	Sommet Alt. 123.840 m			
Pente 2	Pente 4.41 %	139.437	614.339	133.549
Parabole 2	Rayon -10000.000 m	126.232	753.776	139.694
	Sommet Absc. 1194.439 m			
	Sommet Alt. 149.403 m			
Pente 3	Pente 3.14 %	330.690	880.008	144.460
			1210.698	154.858
Longueur totale de l'axe 1184.914 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 1185.594 mètre(s)				

Axe : Axe 02

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 10.00 %	1262.288	0.312	155.232
Parabole 1	Rayon -1000.000 m	124.858	1262.600	281.461
	Sommet Absc. 1362.600 m			
	Sommet Alt. 286.461 m			
Pente 2	Pente -2.49 %	293.749	1387.458	286.152
			1681.207	278.850
Longueur totale de l'axe 1680.895 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 1687.451 mètre(s)				

Axe : Axe 03

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 9.01 %	110.496	0.000	278.726
Parabole 1	Rayon -2000.000 m	308.156	110.496	288.679
	Sommet Absc. 290.648 m			
	Sommet Alt. 296.792 m			
Pente 2	Pente -6.40 %	416.648	418.653	292.696
Parabole 2	Rayon 1200.000 m	126.102	835.300	266.030
	Sommet Absc. 912.103 m			
	Sommet Alt. 263.572 m			
Pente 3	Pente 4.11 %	3.675	961.402	264.585
Parabole 3	Rayon -4800.000 m	248.141	965.077	264.736
	Sommet Absc. 1162.272 m			
	Sommet Alt. 268.786 m			
Pente 4	Pente -1.06 %	57.833	1213.219	268.516
			1271.052	267.902
Longueur totale de l'axe 1271.052 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 1272.811 mètre(s)				

Axe : Axe 04

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1.30 %	653.802	0.000	268.229
			653.802	276.733
Longueur totale de l'axe 653.802 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 653.858 mètre(s)				

Axe : Axe 05

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 6.57 %	1184.600	0.000	278.156
Parabole 1	Rayon -3000.000 m	496.165	1184.600	355.941
	Sommet Absc. 1381.591 m			
	Sommet Alt. 362.408 m			
Pente 2	Pente -9.97 %	2013.461	1680.765	347.490
Parabole 2	Rayon 10000.000 m	392.894	3694.227	146.698
	Sommet Absc. 4691.475 m			
	Sommet Alt. 96.973 m			
Pente 3	Pente -6.04 %	1499.036	4087.120	115.235
Parabole 3	Rayon 3000.000 m	233.884	5586.156	24.640
	Sommet Absc. 5767.463 m			
	Sommet Alt. 19.162 m			
Pente 4	Pente 1.75 %	250.352	5820.040	19.622
			6070.392	24.010
Longueur totale de l'axe 6070.392 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 6087.736 mètre(s)				

Tabulation

Axe : Axe 01

Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0.000	Droite 1	Aucun	Aucun	Aucun	68.42	347357.760	4036149.450	2.50	-2.50	0.00
P02	25.000	Droite 1	Aucun	Aucun	Aucun	68.42	347345.862	4036171.437	2.50	-2.50	0.00
P03	50.000	Droite 1	Pente 1	115.489	115.925	68.42	347333.965	4036193.425	2.50	-2.50	2.93
P04	75.000	Clothoïde 1	Pente 1	116.238	116.658	68.05	347322.027	4036215.390	2.50	-2.50	2.93
P05	100.000	Clothoïde 1	Pente 1	117.124	117.390	66.80	347309.810	4036237.202	2.50	-2.50	2.93
P06	125.000	Clothoïde 1	Pente 1	118.096	118.122	64.67	347297.020	4036258.681	2.50	-2.50	2.93
P07	150.000	Arc 1	Pente 1	119.074	118.855	61.71	347283.378	4036279.628	2.50	-2.50	2.93
P08	175.000	Clothoïde 2	Pente 1	119.856	119.587	58.89	347268.758	4036299.905	2.50	-2.50	2.93
P09	200.000	Clothoïde 2	Pente 1	120.654	120.320	56.95	347253.389	4036319.621	2.50	-2.50	2.93
P10	225.000	Clothoïde 2	Pente 1	121.451	121.052	55.88	347237.557	4036338.969	2.50	-2.50	2.93
P11	250.000	Droite 2	Pente 1	122.175	121.785	55.65	347221.533	4036358.158	2.50	-2.50	2.93
P12	275.000	Droite 2	Pente 1	122.941	122.517	55.65	347205.492	4036377.333	2.50	-2.50	2.93
P13	300.000	Droite 2	Pente 1	123.529	123.249	55.65	347189.451	4036396.509	2.50	-2.50	2.93
P14	325.000	Droite 2	Pente 1	123.987	123.982	55.65	347173.410	4036415.684	2.50	-2.50	2.93
P15	350.000	Droite 2	Pente 1	124.681	124.714	55.65	347157.369	4036434.859	2.50	-2.50	2.93
P16	375.000	Droite 2	Pente 1	125.380	125.447	55.65	347141.328	4036454.034	2.50	-2.50	2.93
P17	400.000	Droite 2	Pente 1	126.096	126.179	55.65	347125.287	4036473.209	2.50	-2.50	2.93
P18	425.000	Droite 2	Pente 1	126.333	126.912	55.65	347109.246	4036492.384	2.50	-2.50	2.93
P19	450.000	Droite 2	Pente 1	126.437	127.644	55.65	347093.205	4036511.560	2.50	-2.50	2.93
P20	475.000	Droite 2	Parabole 1	126.710	128.380	55.65	347077.164	4036530.735	2.50	-2.50	3.01
P21	500.000	Clothoïde 3	Parabole 1	129.600	129.165	55.93	347061.140	4036549.924	2.50	-2.50	3.26
P22	525.000	Clothoïde 3	Parabole 1	130.308	130.012	57.57	347045.395	4036569.342	2.50	-2.50	3.51
P23	550.000	Clothoïde 3	Parabole 1	131.823	130.921	60.68	347030.386	4036589.332	2.50	-2.50	3.76
P24	575.000	Arc 2	Parabole 1	131.937	131.893	64.91	347016.586	4036610.173	2.50	-2.50	4.01
P25	600.000	Clothoïde 4	Parabole 1	132.497	132.928	69.19	347004.223	4036631.896	2.50	-2.50	4.26
P26	625.000	Clothoïde 4	Pente 2	134.007	134.019	72.47	346993.208	4036654.336	2.50	-2.50	4.41
P27	650.000	Clothoïde 4	Pente 2	134.861	135.121	74.28	346983.100	4036677.201	2.50	-2.50	4.41
P28	675.000	Droite 3	Pente 2	135.896	136.223	74.68	346973.381	4036700.234	2.50	-2.50	4.41
P29	700.000	Droite 3	Pente 2	136.446	137.324	74.68	346963.697	4036723.282	2.50	-2.50	4.41
P30	725.000	Droite 3	Pente 2	137.699	138.426	74.68	346954.013	4036746.330	2.50	-2.50	4.41
P31	750.000	Droite 3	Pente 2	138.501	139.527	74.68	346944.328	4036769.378	2.50	-2.50	4.41
P32	775.000	Clothoïde 5	Parabole 2	141.940	140.607	75.78	346934.747	4036792.469	2.50	-2.50	4.19
P33	800.000	Clothoïde 5	Parabole 2	143.227	141.624	80.50	346926.216	4036815.962	2.50	-2.50	3.94
P34	825.000	Arc 3	Parabole 2	142.013	142.579	87.94	346920.064	4036840.178	2.50	-2.50	3.69
P35	850.000	Arc 3	Parabole 2	141.223	143.471	95.52	346916.826	4036864.953	2.50	-2.50	3.44
P36	875.000	Arc 3	Parabole 2	142.185	144.301	103.10	346916.554	4036889.937	2.50	-2.50	3.19
P37	900.000	Arc 3	Pente 3	145.320	145.088	110.67	346919.251	4036914.776	2.50	-2.50	3.14
P38	925.000	Clothoïde 6	Pente 3	147.261	145.874	118.20	346924.878	4036939.120	2.50	-2.50	3.14
P39	950.000	Clothoïde 6	Pente 3	147.577	146.660	123.29	346932.994	4036962.758	2.50	-2.50	3.14
P40	975.000	Droite 4	Pente 3	147.752	147.447	124.69	346942.302	4036985.961	2.50	-2.50	3.14
P41	1000.000	Droite 4	Pente 3	148.128	148.233	124.69	346951.757	4037009.103	2.50	-2.50	3.14
P42	1025.000	Droite 4	Pente 3	148.483	149.019	124.69	346961.213	4037032.246	2.50	-2.50	3.14
P43	1050.000	Clothoïde 7	Pente 3	148.645	149.805	124.06	346970.593	4037055.420	2.50	-2.50	3.14
P44	1075.000	Clothoïde 7	Pente 3	149.224	150.591	122.14	346979.506	4037078.776	2.50	-2.50	3.14
P45	1100.000	Clothoïde 7	Pente 3	150.133	151.377	118.92	346987.468	4037102.471	2.50	-2.50	3.14
P46	1125.000	Clothoïde 8	Pente 3	151.158	152.163	115.13	346994.052	4037126.585	2.50	-2.50	3.14
P47	1150.000	Clothoïde 8	Pente 3	152.159	152.949	112.48	346999.388	4037151.007	2.50	-2.50	3.14
P48	1175.000	Clothoïde 8	Pente 3	153.702	153.735	111.12	347003.953	4037175.586	2.50	-2.50	3.14
P49	1200.000	Droite 5	Pente 3	155.210	154.521	110.92	347008.234	4037200.217	2.50	-2.50	3.14
P50	1210.698	Droite 5	Pente 3	155.213	154.858	110.92	347010.060	4037210.758	2.50	-2.50	3.14

Axe : Axe 02Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0.000	Droite 1	Aucun	155.203	Aucun	16.41	347007.115	4037193.758	2.50	-2.50	0.00
P02	25.000	Droite 1	Pente 1	157.049	157.701	16.41	346982.941	4037200.133	2.50	-2.50	10.00
P03	50.000	Droite 1	Pente 1	158.599	160.201	16.41	346958.768	4037206.508	2.50	-2.50	10.00
P04	75.000	Droite 1	Pente 1	160.886	162.701	16.41	346934.594	4037212.883	2.50	-2.50	10.00
P05	100.000	Droite 1	Pente 1	163.400	165.201	16.41	346910.421	4037219.257	2.50	-2.50	10.00
P06	125.000	Droite 1	Pente 1	165.414	167.701	16.41	346886.247	4037225.632	2.50	-2.50	10.00
P07	150.000	Droite 1	Pente 1	167.557	170.201	16.41	346862.073	4037232.007	2.50	-2.50	10.00
P08	175.000	Droite 1	Pente 1	169.386	172.701	16.41	346837.900	4037238.382	2.50	-2.50	10.00
P09	200.000	Droite 1	Pente 1	172.165	175.201	16.41	346813.726	4037244.757	2.50	-2.50	10.00
P10	225.000	Droite 1	Pente 1	174.013	177.701	16.41	346789.553	4037251.132	2.50	-2.50	10.00
P11	250.000	Clothoïde 1	Pente 1	175.743	180.201	16.08	346765.371	4037257.476	2.50	-2.50	10.00
P12	275.000	Clothoïde 1	Pente 1	178.178	182.701	14.50	346741.100	4037263.465	2.50	-2.50	10.00
P13	300.000	Clothoïde 1	Pente 1	180.721	185.201	11.64	346716.636	4037268.602	2.50	-2.50	10.00
P14	325.000	Arc 1	Pente 1	183.388	187.701	7.74	346691.930	4037272.405	2.50	-2.50	10.00
P15	350.000	Arc 1	Pente 1	186.215	190.201	3.76	346667.036	4037274.660	2.50	-2.50	10.00
P16	375.000	Arc 1	Pente 1	189.353	192.701	399.78	346642.050	4037275.357	2.50	-2.50	10.00
P17	400.000	Arc 1	Pente 1	192.339	195.201	395.81	346617.069	4037274.491	2.50	-2.50	10.00
P18	425.000	Arc 1	Pente 1	195.164	197.701	391.83	346592.191	4037272.067	2.50	-2.50	10.00
P19	450.000	Arc 1	Pente 1	197.814	200.201	387.85	346567.513	4037268.094	2.50	-2.50	10.00
P20	475.000	Arc 1	Pente 1	200.075	202.701	383.87	346543.131	4037262.587	2.50	-2.50	10.00
P21	500.000	Arc 1	Pente 1	201.252	205.201	379.89	346519.141	4037255.568	2.50	-2.50	10.00
P22	525.000	Arc 1	Pente 1	203.951	207.701	375.91	346495.636	4037247.064	2.50	-2.50	10.00
P23	550.000	Arc 1	Pente 1	211.371	210.201	371.93	346472.708	4037237.109	2.50	-2.50	10.00
P24	575.000	Arc 1	Pente 1	215.710	212.701	367.95	346450.447	4037225.741	2.50	-2.50	10.00
P25	600.000	Clothoïde 2	Pente 1	217.955	215.201	364.52	346428.905	4037213.061	2.50	-2.50	10.00
P26	625.000	Clothoïde 2	Pente 1	220.580	217.701	362.38	346407.937	4037199.449	2.50	-2.50	10.00
P27	650.000	Clothoïde 2	Pente 1	225.683	220.201	361.53	346387.295	4037185.346	2.50	-2.50	10.00
P28	675.000	Droite 2	Pente 1	229.613	222.701	361.51	346366.726	4037171.135	2.50	-2.50	10.00
P29	700.000	Droite 2	Pente 1	233.790	225.201	361.51	346346.158	4037156.924	2.50	-2.50	10.00
P30	725.000	Droite 2	Pente 1	236.787	227.701	361.51	346325.590	4037142.713	2.50	-2.50	10.00
P31	750.000	Droite 2	Pente 1	237.091	230.201	361.51	346305.022	4037128.502	2.50	-2.50	10.00
P32	775.000	Clothoïde 3	Pente 1	237.980	232.701	360.91	346284.498	4037114.228	2.50	-2.50	10.00
P33	800.000	Clothoïde 3	Pente 1	240.222	235.201	359.01	346264.258	4037099.555	2.50	-2.50	10.00
P34	825.000	Clothoïde 3	Pente 1	244.963	237.701	355.83	346244.621	4037084.087	2.50	-2.50	10.00
P35	850.000	Arc 2	Pente 1	249.227	240.201	351.85	346225.912	4037067.511	2.50	-2.50	10.00
P36	875.000	Clothoïde 4	Pente 1	250.337	242.701	348.32	346208.240	4037049.832	2.50	-2.50	10.00
P37	900.000	Clothoïde 4	Pente 1	248.964	245.201	346.05	346191.393	4037031.363	2.50	-2.50	10.00
P38	925.000	Clothoïde 4	Pente 1	250.112	247.701	345.08	346175.019	4037012.471	2.50	-2.50	10.00
P39	950.000	Droite 3	Pente 1	253.425	250.201	345.04	346158.770	4036993.472	2.50	-2.50	10.00
P40	975.000	Droite 3	Pente 1	255.192	252.701	345.04	346142.522	4036974.473	2.50	-2.50	10.00
P41	1000.000	Droite 3	Pente 1	258.656	255.201	345.04	346126.273	4036955.473	2.50	-2.50	10.00
P42	1025.000	Droite 3	Pente 1	261.159	257.701	345.04	346110.025	4036936.473	2.50	-2.50	10.00
P43	1050.000	Droite 3	Pente 1	263.127	260.201	345.04	346093.776	4036917.474	2.50	-2.50	10.00
P44	1075.000	Droite 3	Pente 1	263.875	262.701	345.04	346077.528	4036898.474	2.50	-2.50	10.00
P45	1100.000	Clothoïde 5	Pente 1	267.164	265.201	345.38	346061.266	4036879.485	2.50	-2.50	10.00
P46	1125.000	Clothoïde 5	Pente 1	272.025	267.701	349.70	346044.407	4036861.032	2.50	-2.50	10.00
P47	1150.000	Arc 3	Pente 1	273.871	270.201	358.25	346025.723	4036844.451	2.50	-2.50	10.00
P48	1175.000	Arc 3	Pente 1	273.266	272.701	367.35	346004.889	4036830.672	2.50	-2.50	10.00
P49	1200.000	Arc 3	Pente 1	278.364	275.201	376.44	345982.305	4036819.999	2.50	-2.50	10.00
P50	1225.000	Arc 3	Pente 1	279.137	277.701	385.54	345958.431	4036812.651	2.50	-2.50	10.00

Axe : Axe 03Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0.000	Droite 1	Pente 1	278.726	278.726	175.56	345766.916	4037127.514	2.50	-2.50	9.01
P02	25.000	Droite 1	Pente 1	279.610	280.978	175.56	345790.097	4037136.876	2.50	-2.50	9.01
P03	50.000	Droite 1	Pente 1	281.249	283.230	175.56	345813.278	4037146.238	2.50	-2.50	9.01
P04	75.000	Clothoïde 1	Pente 1	283.392	285.481	174.84	345836.436	4037155.655	2.50	-2.50	9.01
P05	100.000	Clothoïde 1	Pente 1	288.187	287.733	170.66	345859.227	4037165.918	2.50	-2.50	9.01
P06	125.000	Arc 1	Parabole 1	291.923	289.933	163.41	345880.961	4037178.246	2.50	-2.50	8.28
P07	150.000	Arc 1	Parabole 1	294.326	291.847	155.83	345901.086	4037193.053	2.50	-2.50	7.03
P08	175.000	Arc 1	Parabole 1	295.162	293.449	148.25	345919.310	4037210.145	2.50	-2.50	5.78
P09	200.000	Arc 1	Parabole 1	294.763	294.738	140.67	345935.375	4037229.281	2.50	-2.50	4.53
P10	225.000	Arc 1	Parabole 1	295.744	295.715	133.09	345949.053	4037250.189	2.50	-2.50	3.28
P11	250.000	Arc 1	Parabole 1	294.588	296.379	125.51	345960.152	4037272.574	2.50	-2.50	2.03
P12	275.000	Arc 1	Parabole 1	297.093	296.731	117.93	345968.514	4037296.119	2.50	-2.50	0.78
P13	300.000	Arc 1	Parabole 1	296.598	296.771	110.36	345974.020	4037320.490	2.50	-2.50	-0.47
P14	325.000	Clothoïde 2	Parabole 1	295.708	296.497	104.01	345976.723	4037345.332	2.50	-2.50	-1.72
P15	350.000	Clothoïde 2	Parabole 1	294.442	295.912	101.31	345977.645	4037370.313	2.50	-2.50	-2.97
P16	375.000	Droite 2	Parabole 1	298.635	295.014	101.22	345978.126	4037395.309	2.50	-2.50	-4.22
P17	400.000	Droite 2	Parabole 1	291.613	293.803	101.22	345978.603	4037420.304	2.50	-2.50	-5.47
P18	425.000	Clothoïde 3	Pente 2	291.300	292.290	101.08	345979.075	4037445.300	2.50	-2.50	-6.40
P19	450.000	Clothoïde 3	Pente 2	289.211	290.690	98.80	345979.145	4037470.298	2.50	-2.50	-6.40
P20	475.000	Arc 2	Pente 2	287.951	289.090	93.68	345977.761	4037495.253	2.50	-2.50	-6.40
P21	500.000	Arc 2	Pente 2	286.622	287.490	87.31	345974.043	4037519.965	2.50	-2.50	-6.40
P22	525.000	Arc 2	Pente 2	284.542	285.890	80.94	345967.877	4037544.182	2.50	-2.50	-6.40
P23	550.000	Arc 2	Pente 2	280.516	284.290	74.58	345959.324	4037567.662	2.50	-2.50	-6.40
P24	575.000	Clothoïde 4	Pente 2	277.036	282.690	68.43	345948.480	4037590.176	2.50	-2.50	-6.40
P25	600.000	Clothoïde 4	Pente 2	279.056	281.089	64.59	345935.847	4037611.746	2.50	-2.50	-6.40
P26	625.000	Droite 3	Pente 2	283.535	279.489	63.56	345922.402	4037632.822	2.50	-2.50	-6.40
P27	650.000	Clothoïde 5	Pente 2	285.915	277.889	62.41	345908.765	4037653.775	2.50	-2.50	-6.40
P28	675.000	Clothoïde 5	Pente 2	284.392	276.289	57.40	345894.151	4037674.050	2.50	-2.50	-6.40
P29	700.000	Arc 3	Pente 2	281.302	274.689	49.56	345877.492	4037692.669	2.50	-2.50	-6.40
P30	725.000	Arc 3	Pente 2	278.289	273.089	41.60	345858.643	4037709.068	2.50	-2.50	-6.40
P31	750.000	Arc 3	Pente 2	274.421	271.489	33.65	345837.898	4037722.989	2.50	-2.50	-6.40
P32	775.000	Arc 3	Pente 2	263.897	269.889	25.69	345815.578	4037734.216	2.50	-2.50	-6.40
P33	800.000	Arc 3	Pente 2	259.238	268.289	17.73	345792.033	4037742.572	2.50	-2.50	-6.40
P34	825.000	Arc 3	Pente 2	258.811	266.689	9.77	345767.630	4037747.927	2.50	-2.50	-6.40
P35	850.000	Arc 3	Parabole 2	259.476	265.179	1.82	345742.750	4037750.198	2.50	-2.50	-5.18
P36	875.000	Arc 3	Parabole 2	261.305	264.145	393.86	345717.781	4037749.349	2.50	-2.50	-3.09
P37	900.000	Arc 3	Parabole 2	263.048	263.633	385.90	345693.112	4037745.394	2.50	-2.50	-1.01
P38	925.000	Arc 3	Parabole 2	264.120	263.641	377.94	345669.129	4037738.395	2.50	-2.50	1.07
P39	950.000	Arc 3	Parabole 2	265.296	264.170	369.99	345646.205	4037728.459	2.50	-2.50	3.16
P40	975.000	Arc 3	Parabole 3	266.176	265.133	362.03	345624.700	4037715.744	2.50	-2.50	3.90
P41	1000.000	Arc 3	Parabole 3	266.290	266.043	354.07	345604.947	4037700.446	2.50	-2.50	3.38
P42	1025.000	Arc 3	Parabole 3	266.314	266.823	346.11	345587.256	4037682.805	2.50	-2.50	2.86
P43	1050.000	Clothoïde 6	Parabole 3	266.804	267.473	338.94	345571.849	4037663.134	2.50	-2.50	2.34
P44	1075.000	Clothoïde 6	Parabole 3	267.215	267.993	335.48	345558.165	4037642.215	2.50	-2.50	1.82
P45	1100.000	Droite 4	Parabole 3	267.562	268.382	335.21	345545.022	4037620.949	2.50	-2.50	1.30
P46	1125.000	Droite 4	Parabole 3	268.142	268.641	335.21	345531.891	4037599.675	2.50	-2.50	0.78
P47	1150.000	Droite 4	Parabole 3	268.839	268.770	335.21	345518.760	4037578.401	2.50	-2.50	0.26
P48	1175.000	Droite 4	Parabole 3	269.179	268.769	335.21	345505.628	4037557.128	2.50	-2.50	-0.27
P49	1200.000	Droite 4	Parabole 3	268.727	268.638	335.21	345492.497	4037535.854	2.50	-2.50	-0.79
P50	1225.000	Droite 4	Pente 4	268.531	268.391	335.21	345479.366	4037514.580	2.50	-2.50	-1.06

Axe : Axe 04Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0.000	Droite 1	Pente 1	267.902	268.229	344.36	345455.177	4037475.393	2.50	-2.50	1.30
P02	25.000	Droite 1	Pente 1	268.266	268.554	344.36	345439.133	4037456.220	2.50	-2.50	1.30
P03	50.000	Clothoïde 1	Pente 1	268.747	268.879	344.36	345423.090	4037437.047	2.50	-2.50	1.30
P04	75.000	Clothoïde 1	Pente 1	269.793	269.205	344.76	345407.005	4037417.908	2.50	-2.50	1.30
P05	100.000	Clothoïde 1	Pente 1	270.525	269.530	345.95	345390.682	4037398.973	2.50	-2.50	1.30
P06	125.000	Clothoïde 1	Pente 1	270.719	269.855	347.94	345373.892	4037380.452	2.50	-2.50	1.30
P07	150.000	Arc 1	Pente 1	270.915	270.180	350.70	345356.423	4037362.571	2.50	-2.50	1.30
P08	175.000	Arc 1	Pente 1	270.825	270.505	353.70	345338.148	4037345.515	2.50	-2.50	1.30
P09	200.000	Arc 1	Pente 1	270.612	270.830	356.70	345319.088	4037329.340	2.50	-2.50	1.30
P10	225.000	Arc 1	Pente 1	270.630	271.156	359.70	345299.288	4037314.082	2.50	-2.50	1.30
P11	250.000	Clothoïde 2	Pente 1	271.228	271.481	362.50	345278.800	4037299.758	2.50	-2.50	1.30
P12	275.000	Clothoïde 2	Pente 1	271.922	271.806	364.54	345257.781	4037286.225	2.50	-2.50	1.30
P13	300.000	Clothoïde 2	Pente 1	272.248	272.131	365.78	345236.419	4037273.239	2.50	-2.50	1.30
P14	325.000	Clothoïde 2	Pente 1	272.276	272.456	366.24	345214.886	4037260.538	2.50	-2.50	1.30
P15	350.000	Droite 2	Pente 1	272.518	272.781	366.24	345193.319	4037247.893	2.50	-2.50	1.30
P16	375.000	Droite 2	Pente 1	272.646	273.107	366.24	345171.753	4037235.248	2.50	-2.50	1.30
P17	400.000	Droite 2	Pente 1	272.826	273.432	366.24	345150.187	4037222.603	2.50	-2.50	1.30
P18	425.000	Droite 2	Pente 1	273.113	273.757	366.24	345128.621	4037209.958	2.50	-2.50	1.30
P19	450.000	Droite 2	Pente 1	273.332	274.082	366.24	345107.054	4037197.313	2.50	-2.50	1.30
P20	475.000	Droite 2	Pente 1	273.717	274.407	366.24	345085.488	4037184.668	2.50	-2.50	1.30
P21	500.000	Clothoïde 3	Pente 1	274.141	274.732	366.71	345063.904	4037172.054	2.50	-2.50	1.30
P22	525.000	Clothoïde 3	Pente 1	274.655	275.058	369.77	345041.997	4037160.014	2.50	-2.50	1.30
P23	550.000	Arc 2	Pente 1	275.022	275.383	375.52	345019.306	4037149.540	2.50	-2.50	1.30
P24	575.000	Clothoïde 4	Pente 1	275.838	275.708	381.83	344995.703	4037141.333	2.50	-2.50	1.30
P25	600.000	Clothoïde 4	Pente 1	276.303	276.033	386.23	344971.467	4037135.219	2.50	-2.50	1.30
P26	625.000	Clothoïde 4	Pente 1	277.442	276.358	387.80	344946.967	4037130.246	2.50	-2.50	1.30
P27	650.000	Droite 3	Pente 1	278.024	276.683	387.80	344922.425	4037125.484	2.50	-2.50	1.30
P28	653.802	Droite 3	Pente 1	278.156	276.733	387.80	344918.692	4037124.760	2.50	-2.50	1.30

Axe : Axe 05Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P01	0.000	Droite 1	Pente 1	278.156	278.156	45.20	344918.692	4037124.760	2.50	-2.50	6.57
P02	25.000	Droite 1	Pente 1	279.665	279.797	45.20	344899.733	4037141.055	2.50	-2.50	6.57
P03	50.000	Droite 1	Pente 1	279.966	281.439	45.20	344880.774	4037157.351	2.50	-2.50	6.57
P04	75.000	Droite 1	Pente 1	283.284	283.080	45.20	344861.815	4037173.647	2.50	-2.50	6.57
P05	100.000	Droite 1	Pente 1	285.103	284.722	45.20	344842.856	4037189.942	2.50	-2.50	6.57
P06	125.000	Droite 1	Pente 1	286.522	286.363	45.20	344823.897	4037206.238	2.50	-2.50	6.57
P07	150.000	Droite 1	Pente 1	288.070	288.005	45.20	344804.937	4037222.534	2.50	-2.50	6.57
P08	175.000	Droite 1	Pente 1	290.454	289.647	45.20	344785.978	4037238.829	2.50	-2.50	6.57
P09	200.000	Droite 1	Pente 1	291.915	291.288	45.20	344767.019	4037255.125	2.50	-2.50	6.57
P10	225.000	Droite 1	Pente 1	293.146	292.930	45.20	344748.060	4037271.421	2.50	-2.50	6.57
P11	250.000	Droite 1	Pente 1	294.595	294.571	45.20	344729.101	4037287.716	2.50	-2.50	6.57
P12	275.000	Clothoïde 1	Pente 1	297.633	296.213	45.27	344710.142	4037304.013	2.50	-2.50	6.57
P13	300.000	Clothoïde 1	Pente 1	301.137	297.855	48.47	344691.514	4037320.682	2.50	-2.50	6.57
P14	325.000	Arc 1	Pente 1	304.767	299.496	56.23	344674.425	4037338.907	2.50	-2.50	6.57
P15	350.000	Clothoïde 2	Pente 1	308.982	301.138	64.84	344659.940	4037359.260	2.50	-2.50	6.57
P16	375.000	Clothoïde 2	Pente 1	312.414	302.779	69.79	344647.802	4037381.108	2.50	-2.50	6.57
P17	400.000	Clothoïde 3	Pente 1	314.429	304.421	70.42	344636.575	4037403.445	2.50	-2.50	6.57
P18	425.000	Clothoïde 3	Pente 1	316.532	306.063	67.76	344625.024	4037425.614	2.50	-2.50	6.57
P19	450.000	Arc 2	Pente 1	320.687	307.704	61.19	344611.895	4037446.876	2.50	-2.50	6.57
P20	475.000	Arc 2	Pente 1	320.962	309.346	53.23	344596.338	4037466.425	2.50	-2.50	6.57
P21	500.000	Arc 2	Pente 1	319.999	310.987	45.27	344578.465	4037483.882	2.50	-2.50	6.57
P22	525.000	Arc 2	Pente 1	319.181	312.629	37.31	344558.555	4037498.974	2.50	-2.50	6.57
P23	550.000	Clothoïde 4	Pente 1	319.336	314.270	31.13	344537.023	4037511.659	2.50	-2.50	6.57
P24	575.000	Clothoïde 4	Pente 1	319.980	315.912	28.92	344514.695	4037522.900	2.50	-2.50	6.57
P25	600.000	Droite 3	Pente 1	319.242	317.554	28.91	344492.229	4037533.868	2.50	-2.50	6.57
P26	625.000	Droite 3	Pente 1	317.884	319.195	28.91	344469.763	4037544.835	2.50	-2.50	6.57
P27	650.000	Clothoïde 5	Pente 1	317.455	320.837	28.71	344447.293	4037555.794	2.50	-2.50	6.57
P28	675.000	Clothoïde 5	Pente 1	317.073	322.478	26.22	344424.623	4037566.331	2.50	-2.50	6.57
P29	700.000	Arc 3	Pente 1	318.452	324.120	20.91	344401.355	4037575.453	2.50	-2.50	6.57
P30	725.000	Clothoïde 6	Pente 1	319.566	325.762	15.33	344377.347	4037582.396	2.50	-2.50	6.57
P31	750.000	Clothoïde 6	Pente 1	321.620	327.403	12.51	344352.925	4037587.729	2.50	-2.50	6.57
P32	775.000	Droite 4	Pente 1	324.095	329.045	12.17	344328.384	4037592.499	2.50	-2.50	6.57
P33	800.000	Clothoïde 7	Pente 1	326.104	330.686	12.77	344303.849	4037597.298	2.50	-2.50	6.57
P34	825.000	Clothoïde 7	Pente 1	327.987	332.328	16.04	344279.468	4037602.816	2.50	-2.50	6.57
P35	850.000	Arc 4	Pente 1	329.815	333.970	21.92	344255.563	4037610.100	2.50	-2.50	6.57
P36	875.000	Arc 4	Pente 1	331.797	335.611	28.28	344232.490	4037619.699	2.50	-2.50	6.57
P37	900.000	Clothoïde 8	Pente 1	333.717	337.253	33.52	344210.426	4037631.438	2.50	-2.50	6.57
P38	925.000	Clothoïde 8	Pente 1	335.745	338.894	35.93	344189.102	4037644.485	2.50	-2.50	6.57
P39	950.000	Droite 5	Pente 1	336.966	340.536	36.10	344168.011	4037657.907	2.50	-2.50	6.57
P40	975.000	Droite 5	Pente 1	339.569	342.177	36.10	344146.923	4037671.335	2.50	-2.50	6.57
P41	1000.000	Droite 5	Pente 1	341.782	343.819	36.10	344125.835	4037684.763	2.50	-2.50	6.57
P42	1025.000	Clothoïde 9	Pente 1	343.169	345.461	35.90	344104.742	4037698.183	2.50	-2.50	6.57
P43	1050.000	Clothoïde 9	Pente 1	344.307	347.102	33.42	344083.407	4037711.210	2.50	-2.50	6.57
P44	1075.000	Arc 5	Pente 1	346.322	348.744	28.12	344061.318	4037722.903	2.50	-2.50	6.57
P45	1100.000	Arc 5	Pente 1	348.454	350.385	21.76	344038.222	4037732.444	2.50	-2.50	6.57
P46	1125.000	Arc 5	Pente 1	352.126	352.027	15.39	344014.288	4037739.631	2.50	-2.50	6.57
P47	1150.000	Arc 5	Pente 1	351.756	353.669	9.02	343989.756	4037744.393	2.50	-2.50	6.57
P48	1175.000	Clothoïde 10	Pente 1	351.555	355.310	3.36	343964.876	4037746.746	2.50	-2.50	6.57
P49	1200.000	Clothoïde 10	Parabole 1	360.855	356.912	0.41	343939.886	4037747.393	2.50	-2.50	6.05
P50	1225.000	Droite 6	Parabole 1	361.604	358.321	-0.00	343914.886	4037747.422	2.50	-2.50	5.22

Cubatures

Axe : Axe 01

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P02	25.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P03	50.000	25.000	21.50	0.87	537.6	21.7	537.6	21.7
P04	75.000	25.000	19.41	0.86	485.1	21.5	1022.7	43.2
P05	100.000	25.000	24.72	0.53	617.1	13.2	1639.8	56.4
P06	125.000	25.000	30.64	0.05	765.7	1.3	2405.4	57.8
P07	150.000	25.000	34.05	0.00	850.9	0.0	3256.3	57.8
P08	175.000	25.000	37.87	0.00	947.7	0.0	4204.0	57.8
P09	200.000	25.000	34.51	0.00	865.7	0.0	5069.8	57.8
P10	225.000	25.000	30.83	0.00	772.7	0.0	5842.5	57.8
P11	250.000	25.000	27.04	0.00	676.0	0.0	6518.4	57.8
P12	275.000	25.000	31.45	0.00	786.3	0.0	7304.7	57.8
P13	300.000	25.000	31.84	0.00	796.1	0.0	8100.8	57.8
P14	325.000	25.000	27.18	0.00	679.6	0.0	8780.4	57.8
P15	350.000	25.000	24.44	0.36	611.0	8.9	9391.4	66.7
P16	375.000	25.000	26.67	5.09	666.7	127.4	10058.0	194.1
P17	400.000	25.000	19.30	6.81	482.5	170.3	10540.5	364.3
P18	425.000	25.000	8.49	5.18	212.1	129.5	10752.7	493.8
P19	450.000	25.000	5.93	13.27	148.3	331.7	10901.0	825.5
P20	475.000	25.000	4.82	20.86	120.6	521.5	11021.5	1346.9
P21	500.000	25.000	40.91	2.82	1027.6	70.1	12049.1	1417.0
P22	525.000	25.000	41.26	0.13	1038.7	3.1	13087.7	1420.2
P23	550.000	25.000	57.19	0.00	1442.4	0.0	14530.2	1420.2
P24	575.000	25.000	32.83	0.49	839.1	11.9	15369.3	1432.1
P25	600.000	25.000	26.42	3.18	677.3	78.1	16046.6	1510.2
P26	625.000	25.000	35.27	1.70	893.6	41.8	16940.2	1552.0
P27	650.000	25.000	30.05	2.63	755.7	65.4	17696.0	1617.4
P28	675.000	25.000	27.98	3.59	699.7	89.7	18395.6	1707.1
P29	700.000	25.000	18.76	5.71	468.9	142.8	18864.5	1849.9
P30	725.000	25.000	18.34	2.40	458.4	59.9	19323.0	1909.8
P31	750.000	25.000	13.73	2.16	343.5	53.9	19666.4	1963.7
P32	775.000	25.000	21.96	0.00	558.0	0.0	20224.4	1963.7
P33	800.000	25.000	79.22	0.00	2014.5	0.0	22238.9	1963.7
P34	825.000	25.000	52.61	1.28	1321.1	32.0	23560.0	1995.7
P35	850.000	25.000	10.90	23.34	267.6	583.0	23827.6	2578.7
P36	875.000	25.000	1.54	34.54	35.8	865.7	23863.4	3444.3
P37	900.000	25.000	7.81	6.28	197.0	153.3	24060.4	3597.6
P38	925.000	25.000	51.63	1.77	1324.5	42.4	25385.0	3640.0
P39	950.000	25.000	50.59	0.53	1280.1	13.0	26665.1	3653.0
P40	975.000	25.000	40.57	0.42	1015.0	10.5	27680.1	3663.5
P41	1000.000	25.000	28.17	0.37	704.2	9.3	28384.2	3672.8
P42	1025.000	25.000	16.14	2.91	403.2	72.9	28787.4	3745.7
P43	1050.000	25.000	7.88	11.64	195.0	292.2	28982.5	4038.0
P44	1075.000	25.000	8.64	18.24	211.4	460.4	29193.9	4498.3
P45	1100.000	25.000	9.06	17.43	219.1	442.0	29413.0	4940.3
P46	1125.000	25.000	14.57	13.32	354.2	337.6	29767.2	5277.9
P47	1150.000	25.000	25.49	10.07	627.8	253.9	30395.0	5531.9
P48	1175.000	25.000	36.88	2.57	918.1	64.6	31313.0	5596.5
P49	1200.000	17.849	47.85	0.39	854.1	6.9	32167.2	5603.4
P50	1210.698	5.349	41.53	0.19	222.1	1.0	32389.3	5604.4

Axe : Axe 02

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P02	25.000	25.000	8.22	3.30	205.5	82.4	205.5	82.4
P03	50.000	25.000	2.60	20.66	65.1	516.5	270.6	599.0
P04	75.000	25.000	1.05	26.15	26.3	653.8	296.9	1252.7
P05	100.000	25.000	1.30	27.26	32.4	681.4	329.3	1934.2
P06	125.000	25.000	1.17	38.42	29.3	960.5	358.6	2894.7
P07	150.000	25.000	0.00	50.27	0.0	1256.8	358.6	4151.4
P08	175.000	25.000	0.00	65.47	0.0	1636.9	358.6	5788.3
P09	200.000	25.000	0.00	61.09	0.0	1527.4	358.6	7315.7
P10	225.000	25.000	0.00	77.74	0.0	1943.6	358.6	9259.3
P11	250.000	25.000	0.00	67.23	0.0	1686.3	358.6	10945.6
P12	275.000	25.000	0.00	93.92	0.0	2348.3	358.6	13293.9
P13	300.000	25.000	0.00	93.07	0.0	2327.6	358.6	15621.5
P14	325.000	25.000	0.00	88.82	0.0	2220.4	358.6	17841.9
P15	350.000	25.000	0.00	82.10	0.0	2046.5	358.6	19888.3
P16	375.000	25.000	0.00	66.57	0.0	1656.5	358.6	21544.8
P17	400.000	25.000	0.82	53.95	21.1	1340.1	379.8	22884.9
P18	425.000	25.000	2.51	45.92	64.8	1138.9	444.6	24023.9
P19	450.000	25.000	3.53	42.31	91.4	1048.1	536.0	25071.9
P20	475.000	25.000	2.10	47.77	54.3	1185.4	590.3	26257.3
P21	500.000	25.000	0.00	81.35	0.0	2028.4	590.3	28285.6
P22	525.000	25.000	1.37	81.56	35.4	2017.7	625.7	30303.4
P23	550.000	25.000	63.97	0.00	1596.3	0.0	2222.0	30303.4
P24	575.000	25.000	124.53	0.00	3136.3	0.0	5358.3	30303.4
P25	600.000	25.000	166.23	0.00	4214.4	0.0	9572.7	30303.4
P26	625.000	25.000	128.49	4.58	3240.2	113.4	12812.9	30416.8
P27	650.000	25.000	212.94	0.00	5327.1	0.0	18140.0	30416.8
P28	675.000	25.000	345.14	0.00	8628.4	0.0	26768.4	30416.8
P29	700.000	25.000	435.28	0.00	10882.0	0.0	37650.4	30416.8
P30	725.000	25.000	441.22	0.00	11030.5	0.0	48680.9	30416.8
P31	750.000	25.000	361.74	0.00	9048.4	0.0	57729.4	30416.8
P32	775.000	25.000	275.48	0.00	6925.0	0.0	64654.3	30416.8
P33	800.000	25.000	264.07	0.00	6688.7	0.0	71343.0	30416.8
P34	825.000	25.000	341.60	0.00	8668.5	0.0	80011.6	30416.8
P35	850.000	25.000	442.42	0.00	11272.0	0.0	91283.5	30416.8
P36	875.000	25.000	367.59	0.00	9329.2	0.0	100612.7	30416.8
P37	900.000	25.000	230.25	4.90	5827.2	121.2	106439.9	30538.0
P38	925.000	25.000	193.98	16.48	4863.5	411.0	111303.4	30948.9
P39	950.000	25.000	203.36	9.73	5084.1	243.2	116387.4	31192.2
P40	975.000	25.000	186.64	4.82	4666.0	120.4	121053.4	31312.5
P41	1000.000	25.000	211.53	1.11	5288.4	27.7	126341.8	31340.3
P42	1025.000	25.000	212.67	0.73	5316.8	18.3	131658.6	31358.6
P43	1050.000	25.000	190.25	1.77	4756.4	44.3	136414.9	31402.9
P44	1075.000	25.000	133.87	10.06	3346.7	251.4	139761.6	31654.3
P45	1100.000	25.000	145.40	3.64	3584.5	92.1	143346.1	31746.4
P46	1125.000	25.000	221.09	1.31	5291.2	34.9	148637.3	31781.3
P47	1150.000	25.000	232.39	2.33	5419.0	61.9	154056.3	31843.2
P48	1175.000	25.000	173.62	23.44	3974.4	617.3	158030.7	32460.5
P49	1200.000	25.000	227.35	8.38	5279.6	222.2	163310.3	32682.7
P50	1225.000	25.000	175.27	15.34	4038.9	405.4	167349.2	33088.1

Axe : Axe 03

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	12.500	28.32	0.00	354.0	0.0	354.0	0.0
P02	25.000	25.000	11.76	16.28	294.0	407.1	648.0	407.1
P03	50.000	25.000	14.52	27.16	363.0	678.9	1011.0	1086.0
P04	75.000	25.000	35.67	37.59	910.2	931.4	1921.2	2017.4
P05	100.000	25.000	87.91	10.87	2299.0	261.6	4220.2	2279.0
P06	125.000	25.000	131.83	3.18	3458.3	74.1	7678.5	2353.1
P07	150.000	25.000	139.12	2.34	3648.6	55.4	11327.1	2408.6
P08	175.000	25.000	120.06	5.87	3158.2	139.6	14485.2	2548.2
P09	200.000	25.000	83.16	20.23	2203.0	484.3	16688.3	3032.5
P10	225.000	25.000	54.92	17.33	1456.5	413.8	18144.7	3446.3
P11	250.000	25.000	84.76	38.70	2259.8	933.8	20404.5	4380.1
P12	275.000	25.000	111.68	19.56	2973.3	466.9	23377.8	4847.0
P13	300.000	25.000	116.64	35.05	3115.7	841.4	26493.5	5688.4
P14	325.000	25.000	80.56	25.86	2084.7	631.4	28578.2	6319.9
P15	350.000	25.000	35.06	26.81	883.4	667.6	29461.6	6987.4
P16	375.000	25.000	89.99	0.00	2249.7	0.0	31711.3	6987.4
P17	400.000	25.000	24.85	39.76	621.2	994.1	32332.5	7981.5
P18	425.000	25.000	32.65	18.85	822.1	469.3	33154.6	8450.8
P19	450.000	25.000	11.42	23.71	294.7	584.0	33449.2	9034.8
P20	475.000	25.000	19.99	19.09	524.6	464.3	33973.8	9499.1
P21	500.000	25.000	20.43	10.04	536.0	244.3	34509.9	9743.4
P22	525.000	25.000	5.78	16.29	152.2	398.6	34662.1	10142.0
P23	550.000	25.000	0.00	77.07	0.0	1926.6	34662.1	12068.6
P24	575.000	25.000	0.00	114.66	0.0	2849.0	34662.1	14917.5
P25	600.000	25.000	23.28	30.65	593.7	759.2	35255.8	15676.7
P26	625.000	25.000	197.73	0.00	4947.9	0.0	40203.6	15676.7
P27	650.000	25.000	365.71	0.00	9196.2	0.0	49399.8	15676.7
P28	675.000	25.000	373.86	0.00	9449.2	0.0	58849.1	15676.7
P29	700.000	25.000	297.81	0.00	7516.5	0.0	66365.6	15676.7
P30	725.000	25.000	220.78	0.00	5566.6	0.0	71932.2	15676.7
P31	750.000	25.000	122.76	0.00	3072.4	0.0	75004.6	15676.7
P32	775.000	25.000	0.00	128.00	0.0	3204.0	75004.6	18880.7
P33	800.000	25.000	0.00	209.65	0.0	5243.0	75004.6	24123.7
P34	825.000	25.000	0.00	174.72	0.0	4369.9	75004.6	28493.5
P35	850.000	25.000	0.00	120.15	0.0	2997.0	75004.6	31490.5
P36	875.000	25.000	0.00	55.86	0.0	1390.0	75004.6	32880.5
P37	900.000	25.000	12.33	3.39	321.1	82.0	75325.7	32962.5
P38	925.000	25.000	46.04	0.00	1166.5	0.0	76492.2	32962.5
P39	950.000	25.000	66.00	0.00	1674.8	0.0	78166.9	32962.5
P40	975.000	25.000	66.06	0.00	1685.9	0.0	79852.8	32962.5
P41	1000.000	25.000	42.40	0.38	1096.8	9.1	80949.7	32971.6
P42	1025.000	25.000	21.35	5.38	564.1	129.4	81513.7	33101.0
P43	1050.000	25.000	17.08	6.37	442.8	155.5	81956.5	33256.5
P44	1075.000	25.000	13.87	7.09	350.3	176.1	82306.8	33432.6
P45	1100.000	25.000	10.42	5.70	260.4	142.6	82567.2	33575.2
P46	1125.000	25.000	16.93	2.14	423.2	53.6	82990.4	33628.8
P47	1150.000	25.000	31.64	0.01	790.9	0.2	83781.3	33628.9
P48	1175.000	25.000	41.47	0.00	1036.7	0.0	84818.1	33628.9
P49	1200.000	25.000	36.03	0.00	900.8	0.0	85718.9	33628.9
P50	1225.000	25.000	37.48	0.02	937.0	0.5	86655.9	33629.5

Axe : Axe 04

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	12.500	6.24	0.83	78.0	10.3	78.0	10.3
P02	25.000	25.000	22.94	1.11	573.5	27.9	651.5	38.2
P03	50.000	25.000	32.81	0.26	820.1	6.6	1471.6	44.8
P04	75.000	25.000	51.14	0.00	1276.3	0.0	2748.0	44.8
P05	100.000	25.000	67.63	0.00	1686.0	0.0	4434.0	44.8
P06	125.000	25.000	61.03	0.00	1520.7	0.0	5954.7	44.8
P07	150.000	25.000	57.04	0.00	1418.9	0.0	7373.6	44.8
P08	175.000	25.000	45.31	0.00	1124.2	0.0	8497.8	44.8
P09	200.000	25.000	22.19	0.81	549.6	20.5	9047.4	65.3
P10	225.000	25.000	9.07	4.33	224.4	108.9	9271.7	174.3
P11	250.000	25.000	21.37	0.91	530.6	22.8	9802.4	197.1
P12	275.000	25.000	38.89	0.00	968.6	0.0	10771.0	197.1
P13	300.000	25.000	35.53	0.00	887.4	0.0	11658.3	197.1
P14	325.000	25.000	17.18	0.68	429.4	17.0	12087.7	214.1
P15	350.000	25.000	17.99	1.24	449.6	31.0	12537.3	245.1
P16	375.000	25.000	14.15	1.94	353.6	48.6	12891.0	293.7
P17	400.000	25.000	10.66	2.93	266.6	73.2	13157.6	367.0
P18	425.000	25.000	10.02	3.23	250.4	80.7	13408.0	447.7
P19	450.000	25.000	8.34	3.49	208.5	87.3	13616.5	534.9
P20	475.000	25.000	10.20	4.59	255.1	114.7	13871.5	649.6
P21	500.000	25.000	8.56	6.85	211.4	172.7	14083.0	822.3
P22	525.000	25.000	13.44	4.69	326.9	119.8	14409.9	942.1
P23	550.000	25.000	21.34	1.07	524.2	27.2	14934.1	969.3
P24	575.000	25.000	35.02	0.02	859.1	0.6	15793.2	969.9
P25	600.000	25.000	48.24	0.00	1199.1	0.0	16992.3	969.9
P26	625.000	25.000	65.54	0.00	1637.4	0.0	18629.7	969.9
P27	650.000	14.401	73.82	0.00	1063.1	0.0	19692.8	969.9
P28	653.802	1.901	77.07	0.00	146.5	0.0	19839.3	969.9

Axe : Axe 05

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	12.500	26.86	0.01	335.8	0.1	335.8	0.1
P02	25.000	25.000	23.74	0.26	593.4	6.6	929.2	6.7
P03	50.000	25.000	7.06	11.33	176.5	283.1	1105.7	289.9
P04	75.000	25.000	30.92	0.23	773.0	5.7	1878.7	295.6
P05	100.000	25.000	32.23	1.21	805.8	30.2	2684.5	325.8
P06	125.000	25.000	36.89	0.63	922.2	15.9	3606.7	341.6
P07	150.000	25.000	49.73	0.00	1243.3	0.0	4850.0	341.6
P08	175.000	25.000	67.18	0.00	1679.5	0.0	6529.4	341.6
P09	200.000	25.000	53.75	0.18	1343.8	4.5	7873.2	346.1
P10	225.000	25.000	46.34	0.00	1158.4	0.0	9031.6	346.1
P11	250.000	25.000	40.37	0.01	1009.2	0.3	10040.8	346.4
P12	275.000	25.000	75.73	0.00	1887.4	0.0	11928.3	346.4
P13	300.000	25.000	149.03	0.00	3697.1	0.0	15625.3	346.4
P14	325.000	25.000	234.73	0.00	5843.6	0.0	21468.9	346.4
P15	350.000	25.000	343.40	0.00	8603.9	0.0	30072.9	346.4
P16	375.000	25.000	443.64	0.00	11115.6	0.0	41188.4	346.4
P17	400.000	25.000	466.49	0.00	11647.1	0.0	52835.6	346.4
P18	425.000	25.000	477.52	0.00	11846.9	0.0	64682.5	346.4
P19	450.000	25.000	573.64	0.00	14118.3	0.0	78800.7	346.4
P20	475.000	25.000	560.19	0.00	13745.0	0.0	92545.7	346.4
P21	500.000	25.000	442.50	0.00	10817.0	0.0	103362.7	346.4
P22	525.000	25.000	347.47	0.00	8423.1	0.0	111785.8	346.4
P23	550.000	25.000	264.73	0.00	6465.1	0.0	118250.9	346.4
P24	575.000	25.000	222.29	0.00	5536.5	0.0	123787.4	346.4
P25	600.000	25.000	125.54	3.99	3138.5	99.6	126925.9	446.0
P26	625.000	25.000	42.48	31.38	1062.1	784.4	127988.0	1230.4
P27	650.000	25.000	3.38	73.86	83.6	1851.1	128071.6	3081.5
P28	675.000	25.000	0.00	124.27	0.0	3123.8	128071.6	6205.3
P29	700.000	25.000	0.00	124.46	0.0	3118.9	128071.6	9324.2
P30	725.000	25.000	0.00	133.32	0.0	3336.4	128071.6	12660.6
P31	750.000	25.000	0.00	121.42	0.0	3035.6	128071.6	15696.2
P32	775.000	25.000	0.00	107.13	0.0	2678.1	128071.6	18374.3
P33	800.000	25.000	0.00	98.11	0.0	2452.5	128071.6	20826.9
P34	825.000	25.000	0.00	93.39	0.0	2333.0	128071.6	23159.9
P35	850.000	25.000	0.00	87.88	0.0	2192.7	128071.6	25352.6
P36	875.000	25.000	0.00	77.86	0.0	1941.5	128071.6	27294.1
P37	900.000	25.000	0.00	68.81	0.0	1716.3	128071.6	29010.4
P38	925.000	25.000	0.00	61.48	0.0	1536.2	128071.6	30546.6
P39	950.000	25.000	0.00	69.34	0.0	1733.4	128071.6	32280.0
P40	975.000	25.000	0.00	51.07	0.0	1276.8	128071.6	33556.8
P41	1000.000	25.000	0.00	40.73	0.0	1018.2	128071.6	34575.0
P42	1025.000	25.000	0.00	53.17	0.0	1331.5	128071.6	35906.5
P43	1050.000	25.000	0.00	66.47	0.0	1672.2	128071.6	37578.7
P44	1075.000	25.000	0.00	57.17	0.0	1440.6	128071.6	39019.2
P45	1100.000	25.000	0.00	39.09	0.0	973.3	128071.6	39992.6
P46	1125.000	25.000	13.80	2.64	348.1	63.9	128419.7	40056.5
P47	1150.000	25.000	0.00	49.49	0.0	1216.7	128419.7	41273.2
P48	1175.000	25.000	5.76	68.17	149.5	1682.6	128569.2	42955.8
P49	1200.000	25.000	79.30	19.05	1994.4	471.6	130563.6	43427.4
P50	1225.000	25.000	161.99	2.05	4049.8	51.1	134613.4	43478.5