

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 : Infrastructure de Base

Etude en APS et APD d'un tronçon de la
pénétrante autoroutière reliant la ville de
Guelma à l'autoroute Est-Ouest, sur 10 km
du Pk 11+400 au Pk 21+400 Avec la
conception d'un échangeur

Présenté par :

- BENREDJEM Houssam Eddine
- MILOUDI Hamza

Encadré par :

- Dr HAMADI Kamel

Promotion 2018 /2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Le projet de fin d'étude représente l'accomplissement de notre apprentissage du métier d'ingénieur ainsi que la première étape de notre vie professionnelle. Avant d'entamer notre étude pour l'élaboration de notre thèse,

Nous aimerons tout d'abord adresser nos remerciements :

*En premier lieu, a **الله** le très miséricordieux qui a bien voulu nous donner la force et le courage pour effectuer le présent travail.*

Nos plus vifs remerciements pour nos chers parents pour leurs soutiens, encouragements et leurs patiences.

*Nous tenons aussi à remercier **Mr. K.HAMADI**, notre encadreur pour sa patience et sa coopération le long de cette période.*

*Un grand merci a monsieur **Bengrab Réda** pour ses conseils son aide.*

A tous les enseignants de l'ENSTP sans exception, qui ont contribué à notre formation avec Beaucoup de compétence et de dévouement.

*Nous remercions aussi le responsable de l'ADA d'Alger Mr **BOUABDALLAH** qui nous a porté soins dès le premier jour, ainsi que tout le personnel de l'ADA de Guelma.*

*Nous remercions aussi le responsable et le personnel de chef de projet « **BELABED Lokman** ».*

*Sans oublier nous tenons à remercier Mr **ZEGHMAR Med**, Mr **Hichem Mlle HODJA SALIMA**, Mr **Redouan**, Mr **DAVILLA**, Mr **Raul**, **ET TOUS LE GROUPEMENT DE L'ADA** et le bureau d'étude **Getinsa-payma**.*

Enfin, Nos plus sincères remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui nous ont aidés, encouragés pendant la période de notre travail.

HOUSSAM & HAMZA

RESUME

Le réseau routier est un facteur très important dans le développement du pays. Donc tout pays essaye de faire de très grand investissement pour les projets routiers et les études profondément et dans différents cotés pour qu'il soit rentable.

Pour notre mémoire de fin d'étude nous sommes intéressés pour une étude d'avant-projet sommaire et avant-projet détaillé d'un tronçon autoroutier de la pénétrante qui relié la wilaya de Guelma à l'autoroute Est-Ouest sur près de 11 km, avec la conception d'un échangeur à proximité du village de Nechmaya au PK 18+200 et qui relié la pénétrante avec la Route Nationale N°21 et le village de Nechmaya.

Notre projet est dans un environnement E2 et une catégorie C1 ce qui nous a donné un profil en travers de 2x3 voies qui assure la circulation de trafic avec une vitesse de base de 110km.

Après l'étude géotechnique détaillée, a l'aide de la carte géologique et le rapport géotechnique on a rencontré une formation de sol argileuse marneuse ce qui nous pousse à faire une étude de stabilité pour les talus en déblais et en remblais.

Pour assuré que le projet respecte sa durée de vie l'étude d'assainissement s'avère nécessaire en dimensionnant et mettant en place des ouvrages hydrauliques longitudinaux et transversaux.

Tout projet d'aménagement rentre dans le cadre de développement durable, en respectant l'environnement ce qui nous dirige vers la prévision des effets et des impacts le long des deux phases, réalisation et service de projet, puis la recherche et la proposition des solutions et mesures réductrices, d'atténuations, et de compensation de ces impacts.

On a utilisé comme outils informatique, les logiciels Covadis dans la conception géométrique, ALIZE LCPC pour le calcul de corps de chaussé, et Slide pour Etudier la stabilité des talus.

Mots clés :

Profil en travers – sol – stabilité – déblai – remblai – talus – assainissement – environnement.

ABSTRACT

The road network is a very important factor in the development of the country. Therefore, any country tries to make very big investment for the road projects and studies them deeply and in different sides so that it is profitable.

For our thesis, we are interested in a preliminary and detailed design study of a highway section of the penetrant that connects Guelma wilaya to the East-West highway on 11 km, with the design of an interchange near the village of Nechmaya at PK 18 + 200 and which connected the penetrating with the National Road No.21 and the village of Nechmaya.

Our project is in an E2 environment and a C1 category, which gave us a 2 * 3-lane cross section that ensures traffic flow with a base speed of 110km.

After the detailed geotechnical study, with the help of the geological map and the geotechnical report we encountered a formation of marly clay soil, which pushes us to make a stability study for the embankments in cuttings and embankments.

To ensure that the project lives up to its life, the remediation study is necessary by sizing and putting in place longitudinal and transverse hydraulic structures.

All development projects fall within the framework of sustainable development, respecting the environment, which directs us towards the prediction of the effects and the impacts along the two phases, realization and service of project, then the research and the proposal of the solutions, and reducing, mitigating, and offsetting these impacts.

Covadis software in geometric design, ALIZE LCPC for pavement design, and Slide to study slope stability were used as computer tools.

Keywords:

Cross-section - soil - stability - excavation - embankment - embankment - sanitation – environment.

ملخص:

شبكة الطرق هو عامل مهم جدا في تطوير البلاد. لذا فإن أي دولة تحاول أن تقوم باستثمارات كبيرة جدا لمشاريع الطرق وأن تدرسها بعمق وفي جوانب مختلفة حتى تكون مربحة. بالنسبة لمذكرتنا، فإننا مهتمون بدراسة تصميم مبدئي ومفصل لقسم الطريق السريع الذي يربط ولاية قالمة بالطريق السريع شرق غرب على مسافة 11 كم، مع تصميم تقاطع قرب قرية نشمايا في النقطة الكيلومترية PK 18 + 200 والتي تربط الطريق السريع مع الطريق الوطني رقم 21 وقرية Nechmaya. يقع مشروعنا في بيئة E2 وفئة C1 التي منحنا مقطعاً عرضياً بعرض 2 * 3 يضمن تدفق حركة المرور بسرعة أساسية تبلغ 110 كيلومترات.

بعد الدراسة الجيوتقنية المفصلة، بمساعدة الخريطة الجيولوجية والتقرير الجيوتقني، واجهنا تربة من التربة الطينية المارة التي تدفعنا إلى إجراء دراسة استقرار وثبات للمناطق المعرضة للانجراف.

لضمان أن المشروع يفي بحياته، فإن دراسة الإصلاح ضرورية عن طريق تغيير الحجم ووضع الهياكل الهيدروليكية الطولية والعرضية.

تقع جميع مشاريع التنمية في إطار التنمية المستدامة، واحترام البيئة التي توجهنا نحو التنبؤ بالآثار والتأثيرات على مرحلتين، تحقيق وخدمة المشروع، ثم البحث واقتراح الحلول وتقليلها، التخفيف منها، ومقابلة هذه التأثيرات.

تم استخدام برنامج Covadis في التصميم الهندسي، ALIZE LCPC لتصميم الرصيف، و Slide لدراسة ثبات المنحدرات كأدوات كمبيوتر.

الكلمات الدالة:

المقطع العرضي - التربة - الاستقرار - الحفر - الجسور - السدود - الصرف الصحي - البيئة

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Table climatique de Guelma (Source : station météorologique de Guelma)	8
Tableau III.1 : temps de parcours et la distance entre les échangeurs et les villes.	12
Tableau III.2 : analyse multicritère.	13
Tableau IV.1 : Coefficient d'équivalence « P » (source : B40)	15
Tableau IV.2 : Coefficient « K1 »	16
Tableau IV.3 : Coefficient « K2 »	16
Tableau IV.4 : Capacité théorique « C_{th} »	16
Tableau V.1 : valeur extrêmes des alignements de tracé en plan (Source : ICTAAL 2000)	19
Tableau V.2 : valeurs minimales des rayons de tracé en plan (Source : ICTAAL2000) .	19
Tableau V.3 : Valeurs maximale de la déclivité (Source : ICTAAL 2000)	22
Tableau V.4 : Valeurs limites des rayons verticaux du profil en long (Source : ICTAAL 2000)	23
Tableau V.5 : valeur de devers	26
Tableau V.6 : Caractéristique du profil en travers types	26
Tableau V.7 : les axes routier croisés.	28
Tableau V.8 : les lignes de fibre optique traversé.	29
Tableau V.9 : les lignes de moyenne tension.	29
Tableau V.10 : interférence avec le réseau d'eau (AEP)	30
Tableau VII.1 : les différents essais réalisés au laboratoire	34
Tableau VII.2 : description lithologique des puits de reconnaissance	35
Tableau VII.4 : résultats des essais physiques en zones de déblais	39
Tableau VII.4 : résultats des essais physiques en zones de déblais	39
Tableau VII.5 : résultats des essais physiques en zones de remblais (Source : rapport géotechnique LCTP)	41
Tableau VII.6 : résultats d'essai de compression simple Source (rapport géotechnique LCTP)	44
Tableau VII.7 : résultats des essais Los Angeles et micro deval Source (rapport géotechnique LCTP)	44
Tableau VII.8 : les essais au laboratoire des matériaux d'emprunt (Source : rapport géotechnique LCTP)	45
Tableau VII.9 : caractéristiques de la section étudier	47
Tableau VII.10 : Résultat des calculs de stabilité effectués pour les déblais	49
Tableau VII.11 : paramètres géotechniques de matériau en remblai	49
Tableau VII.12 : Résultat des calculs de stabilité effectués pour les déblais.	51
Tableau VII.13 : classe de réseau principal	53

Tableau VII.14 : classe de trafic.....	53
Tableau VII.15 : température équivalente.....	54
Tableau VII.16 : valeur de CBR ainsi que la portance de sol et le module de portance..	54
Tableau VII.17 : épaisseur de la couche de forme.....	55
Tableau VII.18 : structures disponibles dans le catalogue.	55
Tableau VIII.1 : variant de Gauss.....	61
Tableau VIII.2 : Les coefficients de ruissellement (Source cours hydraulique de L'ENSTP).....	62
Tableau VIII.3 : caractéristiques du bassin versant N°01.....	63
Tableau VIII.4 : Variation de coefficient a (Source : ANRH année 2016).....	64
Tableau VIII.5 : Valeurs de coefficient C1.....	64
Tableau VIII.6 : Valeurs du coefficient C2.....	64
Tableau VIII.7 : Valeurs du coefficient C3.....	65
Tableau VIII.8 : résultats d'itérations.....	68
Tableau VIII.9 : résultats d'itérations.....	71
Tableau VIII.10 : dimensions des dalots.....	71
Tableau IX.1 : Valeur limites du tracé en plan d'une bretelle. Source(ICTAAL).....	75
Tableau IX.2 : Valeurs limites de la voie de changement de vitesse.....	76
Tableau IX.3 : Valeurs limites des paramètres de profile en long.....	77
Tableau IX.4 : Valeurs limites des paramètres de profile en travers.....	77
Tableau X.1 : Impacts négatifs du projet en phase de travaux et en phase d'exploitation.....	81
Tableau XI.1 : les dimensions des panneaux.....	87
Tableau XI.2 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées.....	90
Tableau XI.3 : Les caractéristiques des lignes discontinues.....	91
Tableau XII.1 : Devis quantitatif estimatif.....	93

Liste des figures

Figure I.1: réseau routier algérien (Source : site web ADA)	3
Figure I.2 : Réseau routier de la wilaya de Guelma (Source : Google Maps)	3
Figure I.3 : localisation de la pénétrante de Guelma (Source : Google Earth)	4
Figure I.3 : localisation du tronçon étudié (Source Google Earth)	5
Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Guelma (Source : Google Earth) ...	6
Figure II.2 : Découpage administratif de la wilaya de Guelma (source : ANIREF)	6
Figure II.3 : Relief de la wilaya de Guelma	7
Figure II.4 : Extrait de la carte géologique de la wilaya de Guelma	7
Figure II.5 : Précipitation en mm de la wilaya de Guelma (Source : station météorologique de Guelma)	9
Figure II.6 : Carte des zones sismiques en Algérie (Source : RPOA 2008)	9
Figure III.1 : le couloir retenu (Source : Google Earth)	10
Figure III.2 : Relief de la zone d'étude	11
Figure III.3 : l'emplacement des 3 variantes (Source : Google Earth)	12
Figure V.1 : géométrie de la Clothoïde.	20
Figure V.2 : Raccordement convexe (angle saillant)	22
Figure V.3 : Raccordement concave (angle rentrant)	22
Figure V.4 : profil en long avec ligne rouge de notre projet.	23
Figure V.5 : emplacement de la 1^{er} voie de détresse	24
Figure V.6 : emplacement de la 2^{eme} voie de détresse	24
Figure V.7 : Eléments constitutifs du profil en travers	25
Figure V.8 : profil en travers projet cas déblais	27
Figure V.9 : profil en travers projet cas mixte	27
Figure V.10 : profil en travers projet cas remblai	28
Figure VI.1 : les positions des sections dans un profil en long donné	32
Figure VII.1 : nature du sol et la lithologie	35
Figure VII.2 : puits réalisé au PK18+900 niveaux d'eau 3m.	37
Figure VII.3 : profil en long géotechnique indique les reconnaissances géotechniques du PK12+000 jusqu'au PK14+000	38
Figure VII.4 : profil en long géotechnique indique les différentes reconnaissances du PK14+052 au PK16+600	38
Figure VII.5 : profil en long géotechnique indique les reconnaissances effectuées	39
Figure VII.6 : carte montre la localisation de la gîte d'emprunt (Source : Google Earth)	45
Figure VII.7 : photos sur la gîte d'emprunt de koudiet mahcha.	46
Figure VII.8 : calcul de stabilité pour le déblai excavé (court terme)	47
Figure VII.9 : calcul de stabilité pour le talus excavé (long terme)	47

Figure VII.10 : calcul de stabilité des déblais excavés (séisme)	48
Figure VII.11 : calcul de stabilité des déblais avec drains (long terme)	48
Figure VII.12 : calcul de stabilité de remblai (court terme)	50
Figure VII.13 : Calcul de stabilité pour les remblais (long terme)	50
Figure VII.14 : Calcul de stabilité pour les remblais (séisme)	51
Figure VII.15 : les corps de chaussée proposés par le catalogue et la structure retenu ...	56
Figure VII.16 : corps de chaussée proposé pour une couche de forme de 60cm (2 couches)	56
Figure VII.17 : performances mécaniques des matériaux bitumineux	58
Figure VII.18 : vérification de la structure donnée par catalogue de CTPP	59
Figure VII.19 : vérification de la structure après optimisation.	59
Figure VIII.1 : schéma d'un fossé trapézoïdal	67
Figure VIII.2 : méthode de réalisation des buses.	69
Figure VIII.3 : Schéma d'un dalot	70
Figure IX.1 : différents types d'échangeurs.	73
Figure IX.2 : conception de l'échangeur.	74
Figure IX.3 : zone de décélération	76
Figure IX.4 : La zone d'accélération	76
Figure IX.5 : distance de visibilité sur l'entrée	78
Figure IX.6 : visibilité sur la sortie	78
Figure IX.7 : rétablissement de RN21 au niveau de l'échangeur.	79
Figure IX.8 : rétablissement de la RN21	79
Figure X.1 : L'agriculture à la zone de projet (date de sortie 27/03/2018)	81
Figure X.2 : faune existe sur la zone de projet	85
Figure XI.1 : accès a l'autoroute	88
Figure XI.2 : fin d'autoroute	88
Figure XI.3 : signalisation de direction	88
Figure XI.4 : exemple d'une route a largeur 3U	90
Figure XI.5 : caractéristiques des lignes d'une chaussée	90
Figure XI.6 : caractéristiques des lignes discontinues	91
Figure XI.7 : paramètres d'implantation des luminaires	92

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

I. Généralités sur le réseau routier Algérien et présentation du projet

I.1. Introduction.....	2
I.2. Réseau routier de la wilaya de Guelma	3
I.3. Présentation de la pénétrante autoroutière de Guelma	3
I.4. Objectif du projet	5

II. Présentation des contextes généraux du projet

II.1. Contexte géographique	6
II.2. Contexte administratif	6
II.3. Contexte géomorphologique	6
II.4. Contexte géologique	7
II.5. Contexte hydrogéologique	8
II.5.1. Principaux Oueds	8
II.5.2. Barrages existants.....	8
II.6. Contexte climatique et hydrologique	8
II.7. Sismicité	9

III. Etude de l'avant-projet sommaire

III.1. Introduction	10
III.2. Localisation du couloir retenu	10
III.3. Relief du projet	11
III.4. Présentation des variantes	11
III.4.1. Variante 1	11
III.4.2. Variante 2	11
III.4.3. Variante 3	11
III.5. Analyse multicritère	12
III.5.1. Critère environnemental	12
III.5.2. Circulation et économie de transport	12
III.6. Ingénierie autoroutière	13

IV. Etude de trafic

IV.1. Introduction	14
IV.2. Différents types de trafic	14
IV.3. Analyse de trafic	14
IV.4. Calcul de la capacité	14
IV.4.1. Trafic moyen journalier (TJMA) horizon.....	15
IV.4.2. Calcul de trafic effectif	15
IV.4.3. Débit de pointe horaire	15
IV.4.4. Débit horaire admissible	16
IV.4.5. Nombre de voies	17
IV.4.6. Année de saturation	17

V. Etude géométrique

V.1. Tracé en plan 18

V.1.1. Introduction.....	18
V.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan	18
V.1.3. Les éléments de tracé en plan	18
V.1.3.1. Alignements	18
V.1.3.2. Valeurs des rayons	19
V.1.3.3. Les courbes de raccordement	19
V.1.3.4. Tracé en plan de notre projet	20

V.2. Profil en long 21

V.2.1. Introduction.....	21
V.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	21
V.2.3. Les éléments du profil en long	21
V.2.3.1. Déclivité	21
V.2.4. Raccordement en profil en long	22
V.2.4.1. Raccordement convexe (angle saillant)	22
V.2.4.2. Raccordement concave (angle rentrant)	22
V.2.5. Coordination du tracé en plan et du profil en long	23
V.2.6. Profil en long de notre projet	23

V.3. Profil en travers 25

V.3.1. Introduction.....	25
V.3.2. Pentes transversales	26

V.3.2.1. En alignement et en courbe non déversée	26
V.3.2.2. En courbe déversée	26
V.3.3. Le profil en travers types de projet (pénétrante)	26
V.3.3.1. Description des différents paramètres	26
V.3.4. Contraintes et réseaux divers traversés par le projet	28
V.3.4.1. Les axes routiers traversés par le projet	28
V.3.4.2. Les lignes de fibre optique	29
V.3.4.3. Les réseaux électriques	29
V.3.4.4. Réseau de gaz	29
V.3.4.5. Conduite d'eau potable	30

VI. Cubature

VI.1. Introduction.....	31
VI.2. Les méthodes de calcul.....	31
VI.3. Description de la méthode	31

VII. Etude de géotechnique

VII.1. Introduction	33
VII.2. Campagne de reconnaissance	33
VII.2.1. Essai in situ	33
VII.2.2. Les essais au laboratoire	34
VII.3. Données concernant le projet	34
VII.3.1. Lithologie	34
VII.4. Reconnaissance géotechnique de la zone d'étude	38
VII.4.1. Essais au laboratoire	40
VII.6. Stabilité des talus en déblais et en remblais	47
VII.6.1. Stabilité des talus en déblais	47
VII.6.2. Stabilités des talus en remblai	50
VII.7. Dimensionnement de corps de chaussée	51
VII.7.1. Introduction	51
VII.7.2. Les principales méthodes de dimensionnement	52
VII.7.3. Vérification avec ALIZE	58

VIII. Assainissement

VIII.1. Introduction	60
VIII.2. Etude des crues	60
VIII.2.1. Pluies journalières	60
VIII.2.2. Calcul du débit de pointe	61
VIII.2.4. Calcul de débit	64
VIII.3. Dimensionnement des fossés	65
VIII.3.1. Calcul de débit d'apport	66
VIII.3.2. Calcul de débit de saturation.....	67
VIII.4. Dimensionnement des buses.....	68
VIII.4.1. Calcul de débit	68
VIII.4.1.1. Vérification de l'auto-curage	69
VIII.5. Dimensionnement des dalots	70
VIII.5.1. Calcul des dimensions de dalot.....	70

IX. Echangeur et rétablissement de la RN21

IX.1. Echangeur	72
IX.1.1. Introduction	72
IX.1.2. Rôle d'un échangeur	72
IX.1.3. Les différents types d'échangeurs	72
IX.1.4. Règles de conception	73
IX.1.5. Conception de l'échangeur	75
IX.2. Rétablissement de la Route Nationale	79

X. Etude d'impact sur l'environnement

X.1. Introduction.....	80
X.2. Cadre juridique	80
X.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement	80
X.4. Principale composante de l'étude d'impact sur l'environnement	80
X.4.1. Délimitation de la zone d'étude	80
X.4.2. Identification des impacts du projet	80
X.5. Les mesures de compensation et d'atténuation	83

X.5.1. Mesures pour la protection de l'atmosphère	83
X.5.2. Mesures pour la protection des sols	83
X.5.3. Mesures pour la protection des ressources en eaux	84
X.5.4. Mesures pour la protection des milieux naturels	84
X.5.5. Mesures pour la protection du milieu humain	84
X.5.6. Mesures vis-à-vis de l'hydrologie	84
X.5.7. Mesures en faveur de la faune	85
X.5.8. Mesures vis-à-vis de la circulation et du trafic protections acoustiques	85

XI. Signalisation et éclairage

XI.1. Introduction.....	86
XI.2. Signalisation verticale	86
XI.2.1. Signalisation de danger	87
XI.2.2. Intersection et régime de priorité	87
XI.2.3. Signalisation de prescription	87
XI.2.4. Signalisation d'indication	87
XI.2.5. Signalisation de direction	88
XI.2.6. Panneaux de pré signalisation	88
XI.3. Signalisation horizontale	89
XI.3.1. Les marques longitudinales	89
XI.3.2. Les marques transversales	91
XI.4. ECLAIRAGE	92
XI.4.1. Introduction.....	92
XI.4.2. Catégorie d'éclairage	92
XI.4.3. Paramètre d'implantation de luminaire	92

XII. Devis quantitatif et estimatif

XII.1. Devis quantitatif et estimatif.....	92
conclusion générale	95

Bibliographie

Annexe

Introduction générale

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, pour cela dans le cadre du schéma directeur routier national horizon 2025 ont été inscrites les grandes orientations du développement du réseau routier Algérien parmi lesquels figurent des infrastructures structurantes et des réseaux routier de maillage.

Dans le cadre de projet de fin d'étude a l'école nationale supérieure des travaux publics. On s'intéresse à l'étude d'Avant-Projet Sommaire (APS) et l'étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) de la pénétrante autoroutière reliant la wilaya de Guelma a l'autoroute est-ouest du PK11+400 au PK21+400 sur un linéaire de 10 km avec la conception d'un échangeur au niveau du PK18+200.

Ce projet de la pénétrante reliant la wilaya de Guelma a l'autoroute est-ouest étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route nationale RN21 existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe, aussi promouvoir le tourisme de la région de Guelma.

**Généralités sur le réseau routier
algérien et présentation du projet**

I. Généralités sur le réseau routier algérien et présentation du projet

I.1. Introduction :

Le réseau routier en Algérie est estimé à **109 452 km**, assurant près de **90 %** du volume des échanges, dont le plus important est enregistré sur le réseau économique de base. Cela reflète la prédominance du mode de transport routier par rapport aux autres modes. La répartition de ce réseau est comme suit :

- Routes Nationales (R.N) 28 275 Km (26%)
- Chemins de Wilayas (C.W) 23 926 Km (22%)
- Chemins Communaux (C.C) 57 251 Km (52%)

L'Autoroute EST-OUEST qui s'étend d'une longueur de 1216 km traversant toute l'Algérie parallèlement aux côtes méditerranéennes. Elle doit relier la frontière tunisienne près de la ville d'El Kala à la frontière marocaine près de celle de maghnia. L'autoroute constitue une partie importante du réseau routier de l'Algérie .Elle relie les différents pôles économiques algériens, évidemment les grandes villes de l'Algérie tel que : Maghnia . Annaba, Skikda, Constantine, Setif, Alger, Chlef, Oran et Tlemcen sont bénéficié de ce projet à cause de leur rôle dans le développement économique du pays.

Aussi l'autoroute des hauts plateaux qui s'étend d'une longueur de 1020 km dans le but de désenclaver et relier entre elles les villes situées dans les régions des hauts plateaux de l'intérieur du pays, en parallèle à l'autoroute Est-Ouest. Elle traverse les Wilayas de Tlemcen, Saida, Tiaret, extrême sud de Médéa au niveau de Boughezoul, M'sila, Batna, OumElBouaghi, Khenchela et Tébessa.

L'Autoroute Nord-Sud qui est le principal axe autoroutier algérien en direction du sud du pays, construit en parallèle à la RN1. Il entre dans le projet de la transsaharienne. Elle s'étend sur une longueur de 125 km.

Ainsi, les pénétrantes qui sont des liaisons autoroutières qui relient les chefs lieu wilaya et les grands ports de l'Algérie, ont une importance économique et aide au développement du pays.

24 liaisons autoroutières nord-sud qui permettront de relier les chefs lieu de wilaya et les ports :

- 07 Pénétrantes autoroutières ports/AEO pour un linéaire global de 350 km : Béjaia (100Km), Djendjen (110Km), Skikda (31 Km), Tenes (22 km/54 Km), Oran 08/26 Km), Mostaganem (66 Km), Ghazouet (13/41Km).
- 04 Pénétrantes autoroutières Chef-lieu de wilaya/AEO pour un linéaire de 146 km : Tizi-Ouzou (48 Km), Batna (20 Km/20 Km), Mascara (43 Km), Guelma (35 Km).
- Pénétrante autoroutière 2ème rocade – la nouvelle ville de Sidi Abdellah (06 Km).
- Pénétrante AEO (Maghnia) – Marsa Ben M'Hidi pour un linéaire de 60 Km.

La figure ci-dessous montre le réseau routier algérien :



Figure I.1: réseau routier algérien (Source : site web ADA)

I.2. Réseau routier de la wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma dispose d'un réseau routier dense et important d'une longueur de 1314 km (représenté sur la figure 2) divisé comme suit :

- Route Nationale (RN) 302 km (23%)
- Chemins Wilaya (CW) 400 km (30%)
- Chemins Communaux (CC) 612 km (47%)

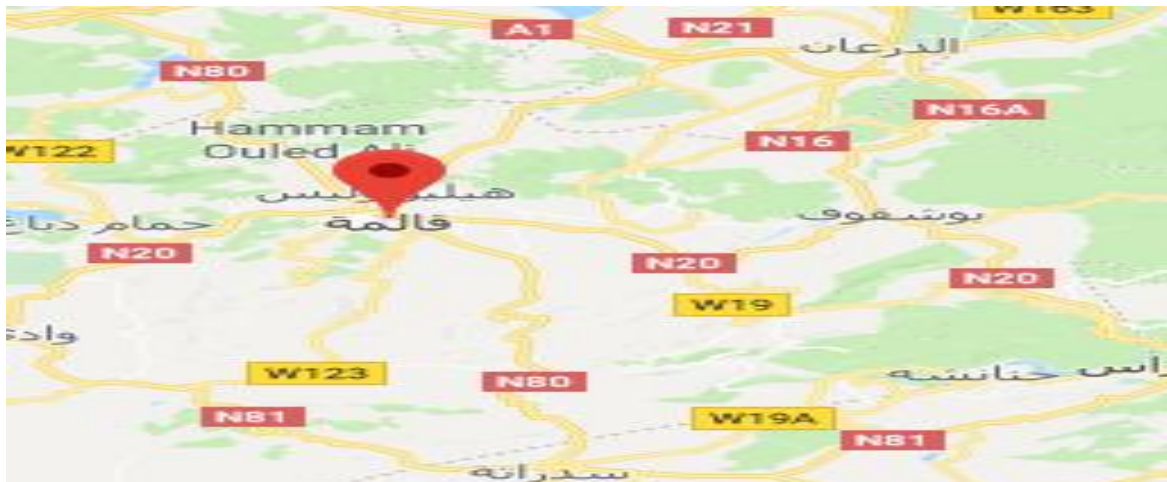


Figure I.2 : Réseau routier de la wilaya de Guelma (Source : Google Maps)

I.3. Présentation de la pénétrante autoroutière de Guelma

Le projet de la pénétrante s'agit de créer une liaison autoroutière reliant la ville de Guelma à l'autoroute Est-Ouest sur une longueur d'environ 35 Km. Il débute au Nord de Guelma, à proximité de la RN20, et se déploie vers le Nord jusqu'à l'échangeur Autoroute Est-Ouest RN21-RN84 sur une extension de 34.32k m.

Chapitre I : Généralités sur le réseau routier algérien et présentation du projet

Le tracé de la pénétrante commence sur l'**échangeur de Guelma**, situé au nord de la ville de Guelma qui permet la connexion de la route nationale RN-20 avec la nouvelle autoroute.

Il continue en direction nord et franchit l'Oued Seybouse par le biais d'un viaduc qui servira aussi comme passage inférieur du chemin wilaya CW-126.

Du PK. 2+000 jusqu'à la fin du Lot, le profil en long du terrain est, dans sa majorité, en montée continue passant de la côte 200 m du terrain à la côte 500 m.

Entre le PK. 2+500 et le PK. 6+500, le tracé parcourt comme périphérique par l'ouest de Héliopolis et croise les chemins de Wilaya CW-156 et CW-168, pour ultérieurement prendre la direction nord-est.

Au PK. 9+700, il est implanté l'**échangeur de Guellat Bou Sbaa** qui donne accès à la population dénommée avec le même nom et connecte avec la route nationale RN-21. A partir de ce point, l'autoroute commence à s'approcher à la actuelle route Nationale RN-21 pour se situer, au PK. 11+500, de manière quasi-parallèle à la même.

Du PK. 12+600 jusqu'au PK. 14+800 approximativement, le tracé de la pénétrante parcourt en parallèle à la actuelle route RN-21, tout en cherchant une minimisation de l'emprise. À partir du PK. 14+800, le tracé change de marge afin d'éviter le village Chabi Mohammed situé au PK. 15+000 et reste sur cette marge en parallèle à la RN-21 jusqu'au PK. 17+900. Au PK. 18+250, est situé l'**échangeur de Nechmeya** qui donne accès à la population du même nom et connecte avec la RN-21. A partir de ce point, la pénétrante commence par l'ouest de la ville de Nechmeya, tout en minimisant l'affection sur la Forêt située entre le PK. 19+000 et le PK. 20+100.

Du pk 20+100, le tracé prend la direction Est. Puis au PK. 24+600, est situé l'**échangeur de Selmoune El Hachemi**, pour accéder à cette ville et d'autres qui sont proches.

Au niveau du PK 27+000 la nouvelle pénétrante traverse l'oued Mouya et la route RN-21 par un viaduc, et remonte ensuite la vallée par la rive droite du cours d'eau.

Du PK 29+000 au PK 31+300 la variante contourne la ville de Aïn Berda par l'est, et à la hauteur du PK. 32+300, il est implanté l'**échangeur de Aïn Berda** qui donne accès à la population dénommée avec le même nom et dessert la route RN 84

Le tracé finit près du point de croisement au-dessous de l'Autoroute Est-Ouest. A la fin du projet, une partie de l'**échangeur Autoroute Est-Ouest RN21-RN84** est aussi incluse.

La figure si dessous montre la localisation et la description de la pénétrante de 35 km :



Figure I.3 : localisation de la pénétrante de Guelma (Source : Google Earth)

Dans le cadre de notre étude, on s'intéresse à étudier le tronçon entre PK11+400 et PK 21+400 respectivement de Guelaat Bousbaa a Nechmeya sur une longueur de 10 km.

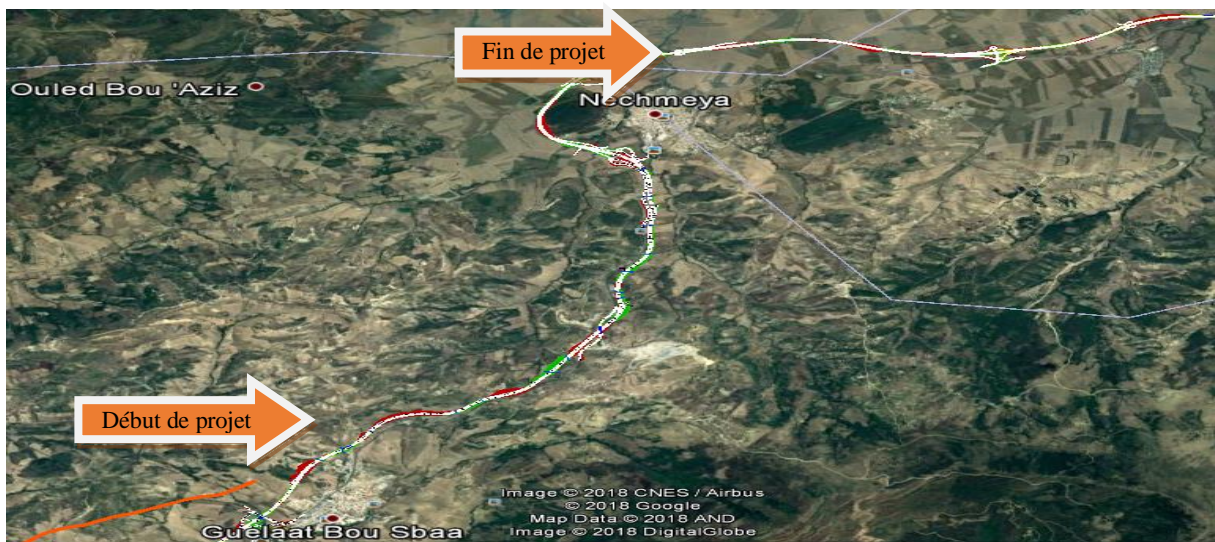


Figure I.4 : localisation du tronçon étudié (Source Google Earth)

I.4. Objectif du projet

L'objectif principal de la pénétrante est de créer une liaison assurant le transfert de trafic de l'autoroute est-ouest vers la ville de Guelma, et cet objectif aura comme conséquences :

- Augmentation de la mobilité, renforcement du réseau de transport et la facilité de l'écoulement des flux de trafic
- Réduction des frais d'exploitation : une pénétrante diminuera et donnera naissance à une économie de carburant.
- Gains de sécurité : représentés par la diminution du nombre de blessés et de morts combinés avec la valeur monétaire attribuée à la vie humaine
- Gains de temps : la réalisation de la pénétrante permet de réduire les temps de transports.
- Gains de confort des usagers : moins de tension nerveuse liée à l'usage de la route.
- Fixation des populations rurales et désenclavement des zones traversées.
- Développement des activités industrielles, artisanales et touristiques de la région.

Présentation des contextes généraux du projet

II. Présentation des contextes généraux du projet

II.1. Contexte géographique :

La wilaya de Guelma est une wilaya de l'est algérien situé à 64 km de la wilaya d'Annaba. Elle s'étend sur une superficie totale de 4101 km². Elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya d'Annaba.
- Au Nord-est, la wilaya d'El Taref.
- À l'Est, la wilaya de Souk Ahras.
- Au Sud, la wilaya d'Oum El-Bouaghi.
- À l'Ouest, la wilaya de Constantine.
- Au Nord-ouest, la wilaya de Skikda.

Le chef-lieu de la wilaya est la commune de Guelma, elle compte 157 334 habitants (estimation 2012) avec une superficie de 44.74 km² et une densité de 141hab/km².

La wilaya de Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, entourée de montagnes (Maouna, Dbegh, Houara), ce qui lui donne le nom de ville assiette. Sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la Seybouse et d'un grand barrage qui assure un vaste périmètre d'irrigation.

Elle occupe aussi une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour dans la région nord-est de l'Algérie dont dépendent cinq chefs-lieux de wilaya et reliant le littoral des wilayas de Annaba, El Tarf et Skikda, aux régions intérieures telles que les wilayas de Constantine, Oum El Bouagui et Souk Ahras.



Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Guelma (Source : Google Earth)

II.2. Contexte administratif :

La Wilaya de Guelma compte 10 daïras et 34 communes, Le secteur d'étude traverse les communes de Guella Bousabaa et Nechmaya qui ont une superficie de 36 et 122 m2 successivement.

II.3. Contexte géomorphologique :

Prenant une grande partie du bassin versant Seybouse, la wilaya de Guelma se caractérise par un relief complexe et irrégulier et traversé par un réseau hydrographique dense voir la figure. On distingue trois domaines différents dans la région d'étude :

Chapitre II : présentation des contextes généraux du projet

- **Montagnes (relief accidenté) :** 37,82 % dont les principales sont :
 - Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 m d'Altitude
 - Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 m d'Altitude
 - Taya (Bouhamdane) : 1.208 m d'Altitude
 - D'bagh (Hammam Debagh) : 1.060 m d'Altitude
- **Plaines et Plateaux :** 27,22 %
- **Collines et Piémonts :** 26,29 %
- **Autres :** 8,67 %

La figure ci-dessous montre le relief de la wilaya de Guelma :

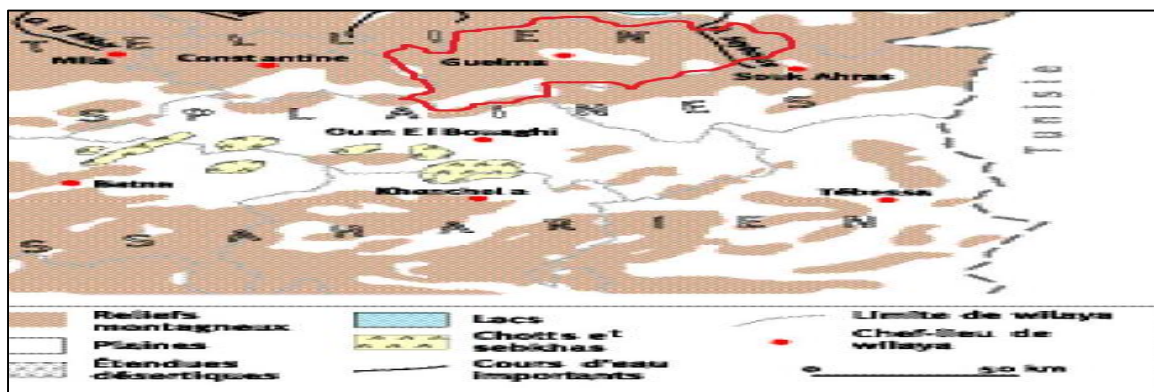


Figure II.3 : Relief de la wilaya de Guelma

II.4. Contexte géologique :

La wilaya de Guelma est caractérisée par des formations géologiques appartenant aux différents âges. Les principales formations sont :

- Des schistes satinés alternats avec des bancs de grés on les trouve au nord du massif de Nador N'baïl à l'entrée des gorges de l'oued Seybouse.
- Le trias formé d'argiles bariolées injectées de gypse on le trouve à l'extrémité de la plaine alluviale.
- Le jurassique représenté par des dolomies noires avec des schistes calcareuses de faibles épaisseurs dans la région de djebel Debagh.

Voici un extrait de carte géologique de la région de Guelma :

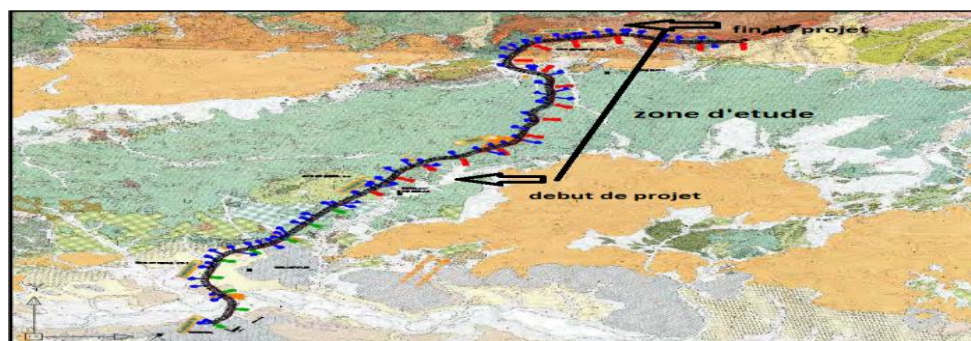


Figure II.4 : Extrait de la carte géologique de la wilaya de Guelma

II.5. Contexte hydrogéologique :

Le territoire de la Wilaya de Guelma comporte globalement 04 zones (ou sous bassins versants) hydrogéologiques distincts :

- Zones des plaines de Guelma et Bouchegouf (Moyenne et basse Seybouse).
- Zone des Djebels au Nord et Nord-ouest.
- La zone des plaines et collines de Tamlouka.
- La zone des Djebels surplombant les Oueds Sedrata et Hélia.

II.5.1. Principaux Oueds :

- **Oued Seybouse** : Il prend sa source à Medjez Amar, Il traverse la plaine Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an à la station de Boudroua (commune d'Ain Ben Beida).
- **Oued Bouamrane** : qui prend sa source dans la Commune de Bouhamdane à l'Ouest de la Wilaya. Son apport est de 96 millions m³/an à la station de Medjez Amar II.
- **Oued Mellah** : provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³/an à la station de Bouchegouf.
- **Oued Charef** : Prend sa source au Sud de la Wilaya et son apport est estimé à 107 millions m³/an à la station de Medjez Amar I.

II.5.2. Barrages existants

Le barrage de Hammam Debagh sur Oued Bouhamdane d'une capacité de 220 HM³ est destiné à :

- L'irrigation des plaines de : Guelma, Bouchegouf sur 9.600 HM³
- L'AEP de Guelma, Hammam Debagh, Roknia

Le barrage de Medjez Beggar d'une capacité de 2,786 HM³ est destiné à L'irrigation de 317 ha.

II.6. Contexte climatique et hydrologique :

La ville de Guelma bénéficie d'un climat tempéré chaud. L'été, à Guelma, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver .Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. La température qui varie de 4⁰C en hiver a 35.4⁰ C en été, est en moyenne de 17.2 °C. Sur l'année.

Tableau II.1 : Table climatique de Guelma (Source : station météorologique de Guelma)

Température	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
moyenne (°C)	8.9	10	12.1	14.2	18.3	22.7	26.1	26.7	23.3	18.8	14.2	10.7
minimale moyenne (°C)	3.6	4.6	6.1	8	11.4	15	17.8	18.9	16.9	12.8	9.2	5.8
maximale (°C)	14.3	15.4	18.1	20.5	25.2	30.5	34.4	34.5	29.8	24.9	19.3	15.7
moyenne (°F)	48.0	50.0	53.8	57.6	64.9	72.9	79.0	80.1	73.9	65.8	57.6	51.3
minimale moyenne (°F)	38.5	40.3	43.0	46.4	52.5	59.0	64.0	66.0	62.4	55.0	48.6	42.4
maximale (°F)	57.7	59.7	64.6	68.9	77.4	86.9	93.9	94.1	85.6	76.8	66.7	60.3

Chapitre II : présentation des contextes généraux du projet

La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 88 mm. Le mois le plus chaud de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de 26.7 °C. 8.9 °C font du mois de Janvier le plus froid de l'année.

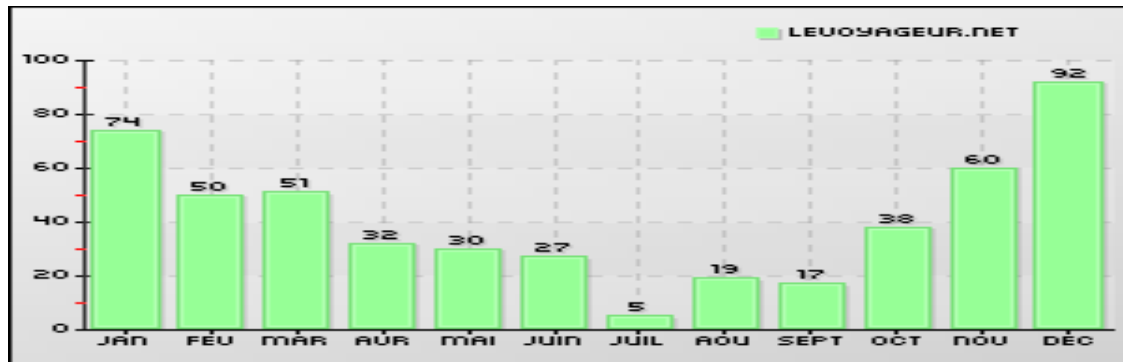


Figure II.5 : Précipitation en mm de la wilaya de Guelma (Source : station météorologique de Guelma)

Dans le système hydrologique de la plaine de Guelma, le bassin versant de l'Oued Seybouse couvre une superficie importante qui correspond assez étroitement sur le plan morpho-structural à la chaîne numidique. A ce domaine appartiennent plusieurs sous-bassins.

II.7. Sismicité :

Selon le règlement parasismique Algérien (RPOA 2008), le territoire est divisé en 5 zones sismicités croissantes.

- Zone 0 : négligeable.
- Zone I : faible.
- Zone IIA : moyenne
- Zone IIB : élevée
- Zone III : très élevée

La wilaya de Guelma est classée dans la zone IIA

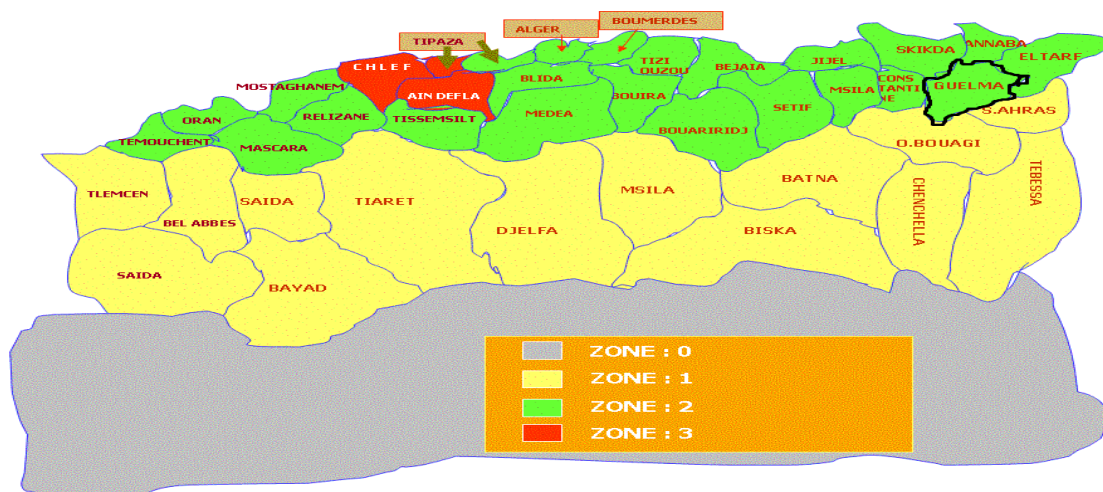


Figure II.6 : Carte des zones sismiques en Algérie (Source : RPOA 2008)

Etude de l'avant-projet sommaire

III. Etude de l'avant-projet sommaire

III.1. Introduction :

La phase Avant-projet Sommaire, consiste a traité les différents aspects technico-économiques des variantes retenues de l'étude préliminaire notamment la recherche de tracé (couloir de passage) et de définir le tracé le plus approprié et le plus économique et de préciser le cadre de dimensionnement (norme d'aménagement) applicable au projet.

La bonde de terrain prise en compte varie de 100 à 500 mètres en fonction de relief et de contrainte d'environnement. On devra comparer ces deux dernières par les critères suivants :

- Les contraintes remarquées sur le site et le coût du projet
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés
- Comparaison des impacts sur l'environnement

III.2. Localisation du couloir retenu :

Le couloir ou s'inscrit les différentes variantes de tracé du tronçon de la pénétrante est choisi de manière a évité au maximum les zones urbaines, et les reliefs difficiles, et autres contraintes naturels ou artificiels.

Le projet de la pénétrante reliant Guelma à l'autoroute est-ouest sur un linéaire de 25 km passe par 3 principales communes qui sont Héliopolis, Guelaat Bousbaa et Nechmaya.

Ce couloir franchit les obstacles suivants :

- Il passe près de la RN21 reliant Guelma à Annaba et franchit des chemins wilaya (CW126, CW156, CW168) et des chemins communaux aussi.
- Oued Seybouse.
- Des lignes électriques (THT, HT, MT, BT).
- Des conduites de gaz
- Des conduites d'eau potable et d'irrigation...

La figure suivante représente le couloir retenu pour l'étude des variantes :

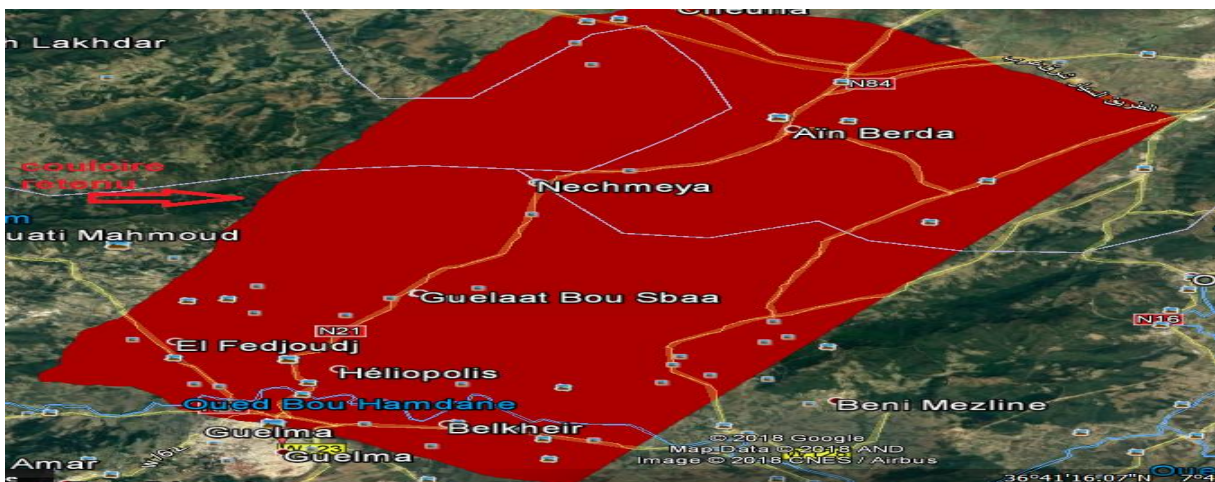


Figure III.1 : le couloir retenu (Source : Google Earth)

III.3. Relief du projet :

Le relief de la zone d'étude pour la phase APS est représenté dans la figure suivante :



Figure III.2 : Relief de la zone d'étude

III.4. Présentation des variantes :

Dans ce qui suit en va étudier chaque variante pour trouver la variante la plus économique et qui répond aux critères de confort et de sécurité.

III.4.1. Variante 1 :

90% du tracé de cette variante est un tracé neuf. Elle commence depuis l'intersection de (RN21/RN20), elle traverse l'oued de Seybouse, puis elle se dirige vers l'est afin de contourner les deux villes de Héliopolis et Guelaat Bou Sbaa à droite, la variante se dirige vers l'ouest et elle traverse la RN21 juste avant la ville de Nechmeya afin de la contourner à gauche, pour éviter les grands terrassements, puis elle se termine à la limite de wilaya de Annaba.

III.4.2. Variante 2 :

La majorité du tracé de cette variante (environ 65%) est un tracé neuf. Elle commence depuis l'intersection de (RN21/RN20), puis elle traverse l'oued de Seybouse, elle contourne la ville de Héliopolis à droite puis la ville de Guelaat Bou Sbaa à gauche, et elle rejoint la route nationale N°21 juste après la ville de Guelaat Bou Sbaa jusqu'à la ville de Nechmeya, elle la contourne à gauche et puis elle se termine à la limite de wilaya avec Annaba (fin du projet).

III.4.3. Variante 3 :

Environ de 96% du tracé de cette variante est un tracé neuf, elle commence depuis l'intersection de (RN21/RN20), puis elle traverse l'oued de Seybouse du côté gauche de la RN21, elle se dirige vers l'ouest (cote gauche toujours de la RN21) afin de contourner les villes : Héliopolis et Guelaat Bou Sbaa, après cette dernière le tracé approche à la RN21 là où il y'a un rétablissement de la route nationale, puis il continue à droite de cette dernière pour contourner la ville de Nechmeya, là où il est implanté l'échangeur de Nechmeya, puis il prend fin à la limite de wilaya avec Annaba (fin du projet).

La figure suivante représente les trajectoires des 3 variantes :

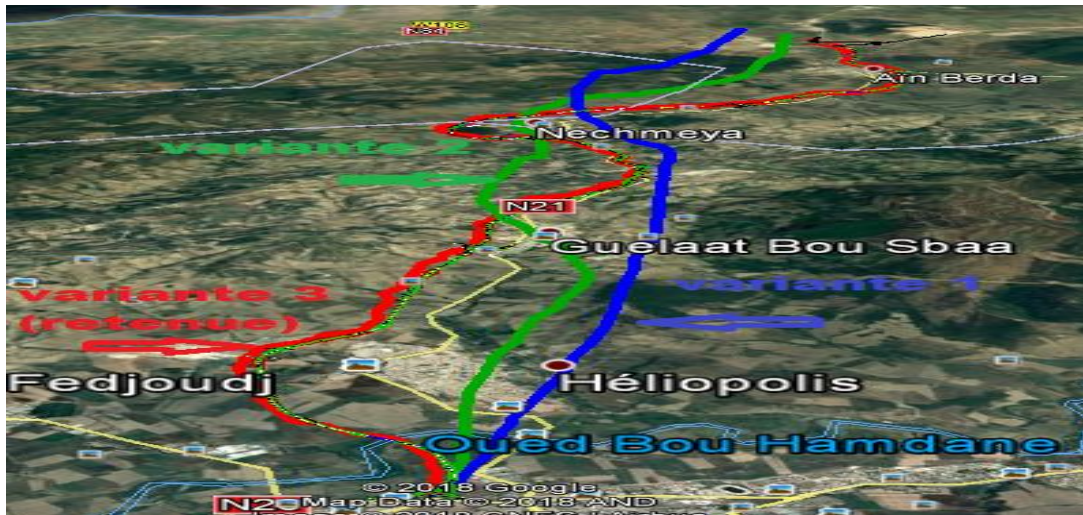


Figure III.3 : l'emplacement des 3 variantes (Source : Google Earth)

III.5. Analyse multicritère :

Analyse qui vise à expliciter une famille cohérente de critères pour permettre de concevoir, justifier et transformer les préférences au sein d'un processus de décision.

Cette analyse nous aide à choisir la bonne variante pour notre projet pour l'étudier en phase avant-projet détaillé.

III.5.1. Critère environnemental :

Sur les variantes qu'on a faites on n'est pas concerné par l'expropriation des habitations ou des terres, aussi on a la variante 3 qui ne touche presque pas les surfaces a déboisés contrairement à la variante 1 et 2 qui touchent 17.5 et 13.9 hectares.

Ainsi pour comparer l'impact des variantes sur les zones humides, on a évalué les superficies de cours d'eau traversés et des surfaces de zones humides touchées. La surface la plus petite qui sera affectée par les variantes est 0.4 hectares, est celle des variantes 1 et 3.

III.5.2. Circulation et économie de transport :

Pour que le projet soit bien conçu, il faut qu'il ne passe pas très loin des villes et qu'il les prévoie des itinéraires d'évitements, pour cela on a implanté des échangeurs à proximité des villes pour faciliter l'accès. Le tableau suivant représente le temps de parcours de notre projet et la distance entre les échangeurs et les villes.

Tableau III.1 : temps de parcours et la distance entre les échangeurs et les villes.

Critère	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Temps de parcours (min)	15	17	15
Distance entre les villes et les échangeurs	4.1	3.3	3.3

III.6. Ingénierie autoroutière :

Dans ce critère on va étudier les variantes qui présentent plus de difficultés et plus de risque à partir des cartes topographiques et géologiques. On a constaté que les variantes 1 et 2 ont le moins de risque.

Le nombre d'ouvrage d'art est un critère important car il a une grande influence dans le coût du projet, et plus le projet contient moins d'ouvrages plus il est avantageux du point de vue économique.

La géométrie aussi est un critère important dans le point de vue confort et sécurité pour minimiser le nombre d'accidents, et aussi minimiser les volumes de terrassement (remblai, déblai).

Le tableau suivant récapitule tous les critères :

Tableau III.2 : analyse multicritère.

Critère	Unité	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Superficie a déboisé	Surface (hectare)	17.5	13.9	0
Cours d'eau et zone humide a traversé	Surface (hectare)	04	11.6	0.4
Temps de parcours	Minute	15	17	15
Distance entre les villes et les échangeurs	Km	4.1	3.3	3.3
Nombre d'ouvrage d'art	/	14	19	15
Nombre de rayon	/	30	33	23
Volume des remblais	M ³	6 810 000	3 700 000	7 995 000
Volume des déblais	M ³	7 471 500	6 137 000	8 590 000

Conclusion :

Après l'analyse multicritère des 3 variantes, on remarque que la variante N°3 qui répond aux critères technico-économiques, donc ça sera la variante retenue pour l'étude APD.

Etude de trafic

IV. Etude de trafic

IV.1. Introduction :

Une étude de trafic est une phase fondamentale dans toute étude d'un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds), Ce qui nous permettra de déterminer le nombre de voies, type d'échanges et aussi le dimensionnement de la chaussée à l'aide de plusieurs paramètres.

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des trafics :

- De transit, lorsqu'on veut réaliser une déviation d'agglomération.
- La nature des flux, pour déterminer les points d'échange.
- Les mouvements directionnels pour définir la position des échangeurs.
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

IV.2. Différents types de trafic :

- **Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement en absence de projet.

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.

- **Trafic induit ;**

C'est le trafic qui résulte : des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations, et d'une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total :**

C'est le trafic total sur le nouveau aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié en plus du trafic normal.

IV.3. Analyse de trafic :

Plusieurs méthodes sont utilisées pour effectuer cette analyse :

- Comptages manuels
- Comptages automatiques

Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. E

IV.4. Calcul de la capacité :

D'après les enquêtes et les statistiques effectuées par le bureau d'étude, le comptage a donné les résultats suivants :

- **TJMA₂₀₁₇ (trafic journalier moyen annuel) = 14856 V/J (sur les 2 sens)**
- Pourcentage du poids lourd **PL** = 26.7%

- La vitesse de base **Vb = 110 km/h**
- Le taux d'accroissement **$\tau = 3.5$**
- Année de mise en service **2018**
- Durée de vie de la chaussée **20 ans**

IV.4.1. Trafic moyen journalier (TJMA) horizon

On prend en compte la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante : $TJMA_n = TJMA_0 (1 + \tau)^n$

Avec :

- $TJMA_n$: Le trafic à l'année horizon.
- $TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.
- n : Nombre d'année.
- τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

$$TJMA_{2018} = TJMA_{2017} (1 + 0.035)^1 = 14856 * (1 + 0.035) = 15375.96 = 15376 \text{ V/J}$$

$$TJMA_{2038} = TJMA_{2018} (1 + 0.035)^{20} = 15376 * (1 + 0.035)^{20} = 41095.11 = 30595 \text{ V/J}$$

IV.4.2. Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de l'environnement de la route. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir le passage des véhicules légers par rapport au poids lourds.

Le trafic effectif est donné par la formule suivante :

On a : $T_{eff\ 2017} = [(1 - Z) + PZ]. T_n$

- T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- Z : Pourcentage de poids lourd.
- P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds qui dépend de la nature de la route et l'environnement (Voir le tableau III.1 déduit du manuel B40).

Tableau IV.1 : Coefficient d'équivalence « P » (source : B40)

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

D'après le tableau, notre projet est dans un environnement E2 donc on prend : P = 4

$$T_{eff(2038)} = [(1 - 0.267) + (4 \times 0.267)] \times 30595 = 55102 \text{ uvp/j}$$

IV.4.3. Débit de pointe horaire

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$Q_n = (1/n) * T_{eff}$ Avec :

- Q_n : Débit de pointe horaire
- $1/n$: Coefficient de pointe en générale égale à 0.12 (B40)
- T_{eff} : Trafic effectif.

$$Q_{2038} = 0.12 \times 55102 = 6613 \text{ uvp/h}$$

IV.4.4. Débit horaire admissible

C'est le débit maximal accepté par la voie, il est donné par la formule suivante :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

- K_1 : Coefficient dépend de l'environnement (Tableau IV.2)
- K_2 : Coefficient réducteur de capacité traduisant la différence entre caractéristique réelle et idéales de circulation. (Tableau IV.3)
- C_{th} : Capacité effective du profile en travers en régime stable en uvp/h. (Tableau IV.4)

Tableau IV.2 : Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau IV.3 : Coefficient « K2 »

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
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	0.96	0.96

Tableau III. 4 : Capacité théorique « C_{th} »

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

D'après ces 3 tableaux on a :

$K_1 = 0.85$ dans un environnement E2.

$K_2 = 0.99$ dans une catégorie C1 et un environnement E2.

Donc on prend pour une approche sécuritaire : $C_{th} = 1800$ uvp/h pour notre projet qui est une route a chaussée séparée.

Donc :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1514.7 = 1515 \text{ uvp/h}$$

IV.4.5. Nombre de voies

Le calcul du nombre de voie est donné selon le type de la chaussée :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$
- Cas d'une chaussée unidirectionnelle : Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport $n = S.Q/Q_{adm}$, Et c'est notre cas.

Avec :

- S : coefficient dissymétrie en général = $2/3$.
- Q_{adm} : débit admissible par voie = 1515 uvp/h .
- Q : débit de pointe horaire normal = 6613 uvp/h .

$$n = S.Q/Q_{adm} = 2/3 * 6613/1515 = 2.9 = 3 \text{ voies.}$$

Donc, d'après le calcul de la capacité de la pénétrante, on constate que son profil en travers est de 2×3 voies.

IV.4.6. Année de saturation :

$$Q_{saturation} = Q * (1 + \tau)^n \implies \text{Débit maximale que la route peu supportée.}$$

$$\text{Tel que } Q_{saturation} = 3x Q_{adm}$$

$$Q_{mise \text{ en service}} = 0.12 [(1 - 0.267) + 4 \cdot 0.267] \cdot 15376 = 3324 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{mise \text{ en service}} = (2/3) * 3324 = 2216 \text{ uvp/h/sens}$$

$$\text{Donc : } Q_{saturation} = 3x Q_{adm} = 3 * 1515 = 4545 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{mise \text{ en service}} \Rightarrow n = (\log(Q_{saturation} / Q_{mise \text{ en service}})) / \log(1 + \tau)$$

$1/n$: Coefficient de pointe en générale égale à 0.12 (B40).

N : Année de saturation.

IV.4.6.1. Application numérique :

$$N = (\log(4545/2216)) / (\log(1+0.035)) = 20.88 \text{ ans.}$$

Donc : Notre pénétrante sera saturée après 21 ans de service (dans l'année 2039), après une année de sa durée de vie.

Etude géométrique

V. Etude géométrique

V.1. Tracé en plan :

V.1.1. Introduction

Le tracé en plan est une vue de dessus de la route, il représente une succession de courbes et d'alignements droits séparés par des raccordements progressifs ou des raccordements circulaires.

Il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. Le tracé en plan vise à garantir de bonne condition de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie des routes.

V.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un bon tracé en plan on doit respecter certaines recommandations données par des normes, dans notre projet on a utilisé et respecté les exigences données par l'ICTAAL2000(instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison) qui sont :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants,
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant,
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières,
- Eviter au maximum les propriétés privées,
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.

V.1.3. Les éléments de tracé en plan

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession d'alignements et de raccordements progressifs ou des arcs de cercles.

V.1.3.1. Alignements :

La longueur des alignements dépend de : La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne. Des sinuosités précédentes et suivantes à l'alignement du rayon de courbure de ces sinuosités.

La longueur minimale = celle correspondant à un chemin parcouru durant un temps d'adaptation T.

$L_{min} = (T \times V_B) / 3.6$ avec : T = 5 sec V : Vitesse en (km /h).

La longueur maximum = celle correspondant à un chemin parcouru durant un temps 1minute.

$L_{max} = (T \times V_B) / 3.6$ T= 60s

Tableau V.1 : valeur extrêmes des alignements de tracé en plan (Source : ICTAAL 2000)

	V_B (km/h)	110
La longueur minimale (m)	L min	160
La longueur maximale (m)	Lmax	1900

V.1.3.2. Valeurs des rayons :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbes.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faibles.

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau IV.2

Tableau V.2 : valeurs minimales des rayons de tracé en plan (Source : ICTAAL2000)

Catégorie	L1	L2
Rayon minimal Rm (m)	600	400
Rayon minimal non déversé Rnd(m)	1000	650
Rayon minimal sans courbe de transition R(m)	1500	975

V.1.3.3. Les courbes de raccordement :

Tous les cercles de rayon inférieur à RH' (correspondant aux chaussées "non déversées") sont munis d'arcs de courbe à courbure progressive (clothoïdes) qui font la transition entre arc de cercle à rayon de courbure fini et alignement droit à rayon de courbure infini (confort dynamique et optique). On peut également munir les cercles de plus grands rayons que RH', d'arcs de cercle.

La longueur L minimale du raccordement progressif doit permettre une variation de dévers : elle dépend à la fois de la vitesse de référence et du rayon du cercle. Tous les cercles de rayon égal ou supérieur à RH' peuvent être raccordés directement à un alignement droit s'ils n'entraînent pas de variation de dévers

❖ Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Le confort des passagers du véhicule.
- La Transition de la forme de la chaussée.
- Un Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

❖ Longueur du raccordement progressif :

La longueur des raccordements progressifs (clothoïdes) est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : **14 |Δδ|** et **R/9** ; où R note le rayon de courbure (en m), et Δδ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

1. Les éléments de la clothoïde sont :

- A : paramètre de clothoïde.
- R : rayon du cercle à l'abscisse curviligne.
- M : centre du cercle d'abscisse X_M .
- K_A : Début de la clothoïde.
- K_E : Fin de la clothoïde.
- X_M : Abscisse du centre de cercle.
- Y_M : Ordonnée du centre du cercle.
- τ : Angle de tangente.
- T : Grande tangente.
- σ : L'angle polaire.
- S_L : La corde à la clothoïde.
- ΔR : Ripage.

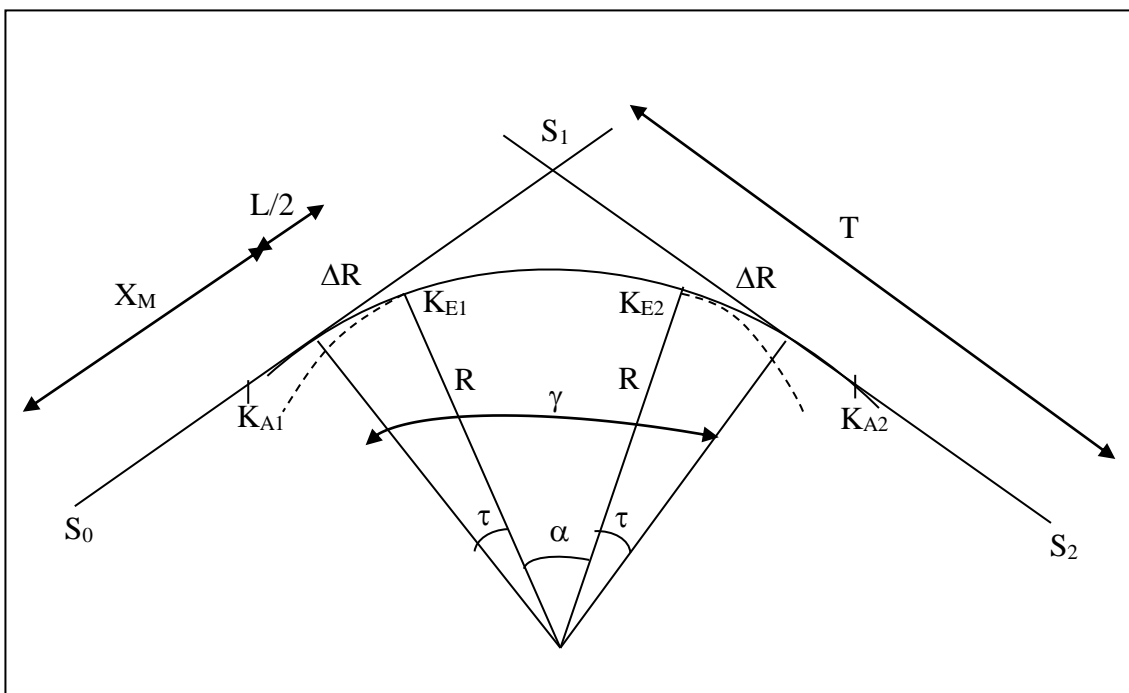


Figure V.1 : géométrie de la Clothoïde.

V.1.3.4. Tracé en plan de notre projet :

Dans notre tracé de l'axe en plans on a essayé d'éviter toute sorte d'expropriation des maisons ou des terres privés aussi on a éloigné de la RN21 qui est en parallèle de notre projet sauf en une section de près de 1 km (du PK14+300 au PK15+200) ou on a prévoit un rétablissement de la route nationale afin d'évité des volumes de déblais importants, et aussi au niveau d'échangeur qui est à proximité de la ville de nechmaya. Ainsi on n'a pas passé au milieu de le foret et la retenue d'eau de nechmaya pour respecter l'environnement.

Le calcul d'axe est traité automatiquement à l'aide de logiciel Autopiste,

Les détails du tracé sont donnés en annexe

V.2. Profil en long

V.2.1. Introduction

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical contenant l'axe du tracé ; il détermine la configuration du terrain au droit de l'axe de la route caractériser par des droites(pente, rampe), courbe horizontal ou incliné et paliers rigoureusement droits.

V.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Le tracé du profil en long doit respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisées par le règlement :

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve et Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V.2.3. Les éléments du profile en long

V.2.3.1. Déclivité :

❖ Déclivité minimale :

La limitation inférieure des déclivités n'est pas imposée du fait qu'elles ne conditionnent pas le bon comportement des véhicules. Cependant certaine situation l'impose pour assurer le bon écoulement des eaux pluviales. Déclivité minimum : $I_{min} = 0.2\%$

❖ Déclivité maximale :

La déclivité maximum dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum. Déclivité maximum : $I_{max} = 6\%$.

Tableau V.3 : Valeurs maximale de la déclivité (Source : ICTAAL 2000)

Catégorie	L ₂
Déclivité maximale	6%
Déclivité minimale	0.5%

V.2.4. Raccordement en profil en long :

Les changements de déclivité constituent des points particuliers dans le profil en long.

Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

V.2.4.1. Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimaux admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

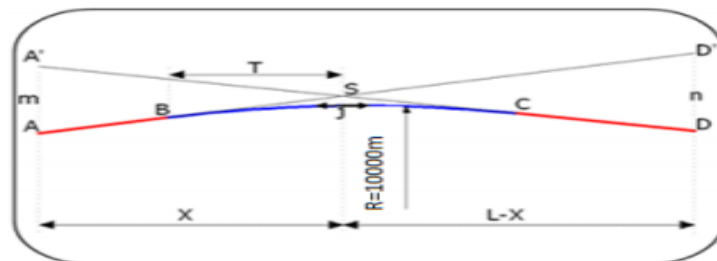


Figure V.2 : Raccordement convexe (angle saillant)

V.2.4.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas on doit assurer la visibilité pendant la nuit et que les phares des véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.

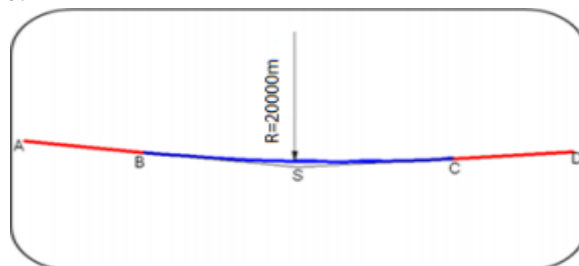


Figure V.3 : Raccordement concave (angle rentrant)

Les valeurs limites des rayons verticaux du profil en long sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.4 : Valeurs limites des rayons verticaux du profil en long (Source : ICTAAL 2000)

Catégorie	L ₂
Rayon minimale en angle saillant(m)	6000
Rayon minimale en angle rentrant(m)	3000

V.2.5. Coordination du tracé en plan et du profil en long :

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

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

V.2.6. Profil en long de notre projet :

Pour le profil en long de notre projet on a trouvé beaucoup de problèmes lors du tracé de la ligne rouge car le relief du terrain est un peu difficile, donc les volumes des terrassements seront très importantes ainsi qu'il y'a une section où la pente est au limite du maximum (6% donnée par ICTAAL 2000). Au début on a pensé à un tunnel pour éviter des pentes importantes mais le cout de ce dernier est très important, donc on a essayé d'optimiser le maximum dans les terrassements et on a essayé de respecter la pente maximale aussi pour avoir une bonne ligne rouge pour notre projet qui assure la sécurité et le confort d'utilisateur.

Pour les zones où la pente est importante on a prévu des voies de détresse pour les poids lourds la 1ère au PK14+325 et l'autre au niveau du PK16+800.

Les figures suivantes représentent notre profil en long avec la ligne rouge :

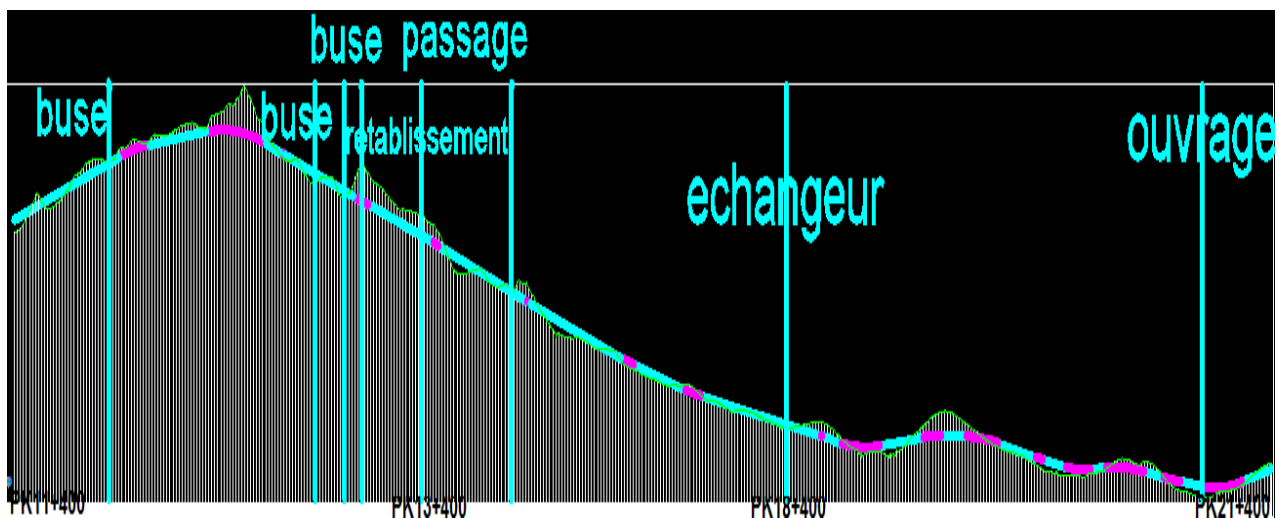


Figure V.4 : profil en long avec ligne rouge de notre projet.

Les figures suivantes représentent les voies de détresses pour les zones de pentes importantes au niveau des PK14+325 et 16+800 successivement :

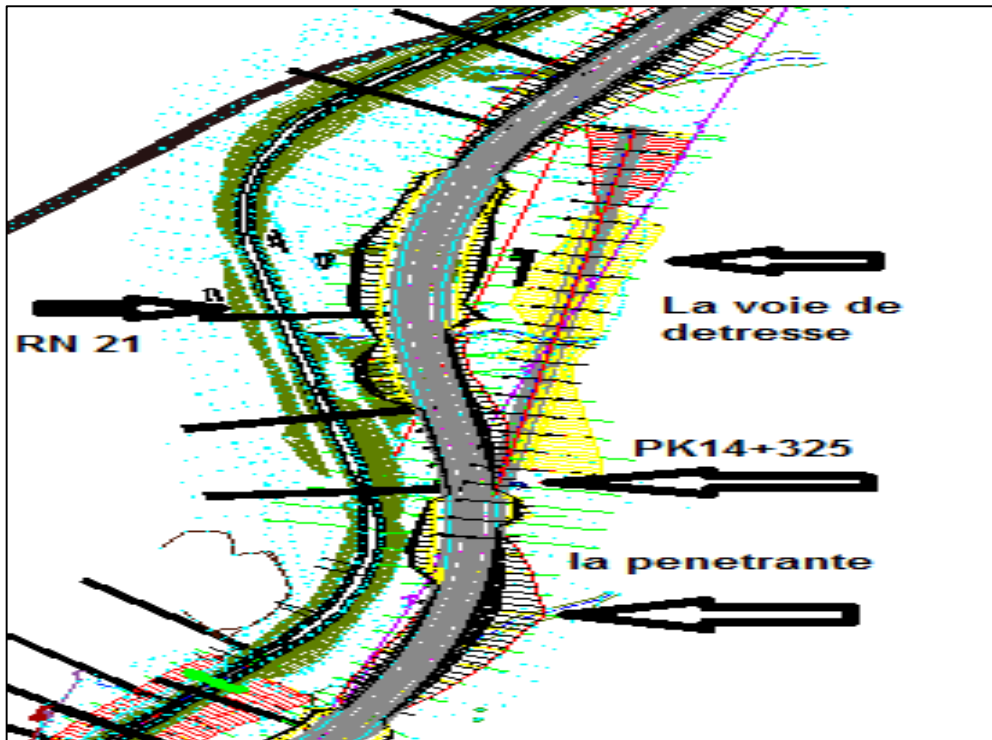


Figure V.5 : emplacement de la 1ere voie de détresse.

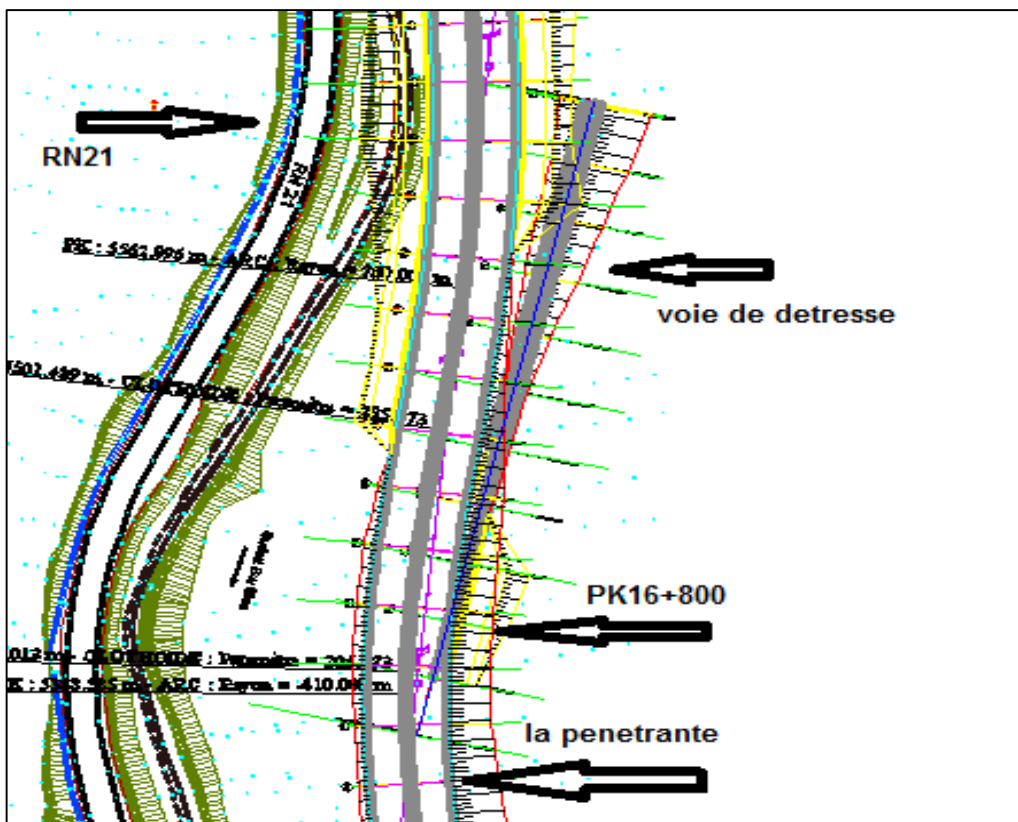


Figure V.6 : emplacement de la 2eme voie de détresse.

V.3. Profil en travers

V.3.1. Introduction

En conception routière, le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface.

Le profil en travers peut se rapporter soit au terrain naturel, soit au projet. En général on représente sur le même document à la fois terrain naturel et projet, ce qui permet de bien percevoir l'intégration du projet dans le milieu naturel.

Il existe deux types de profils en travers :

- Profil en travers courant : il contient tous les éléments constitutifs de la future route dans toutes les situations (remblai, déblai...).
- Profil en travers type : sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel.

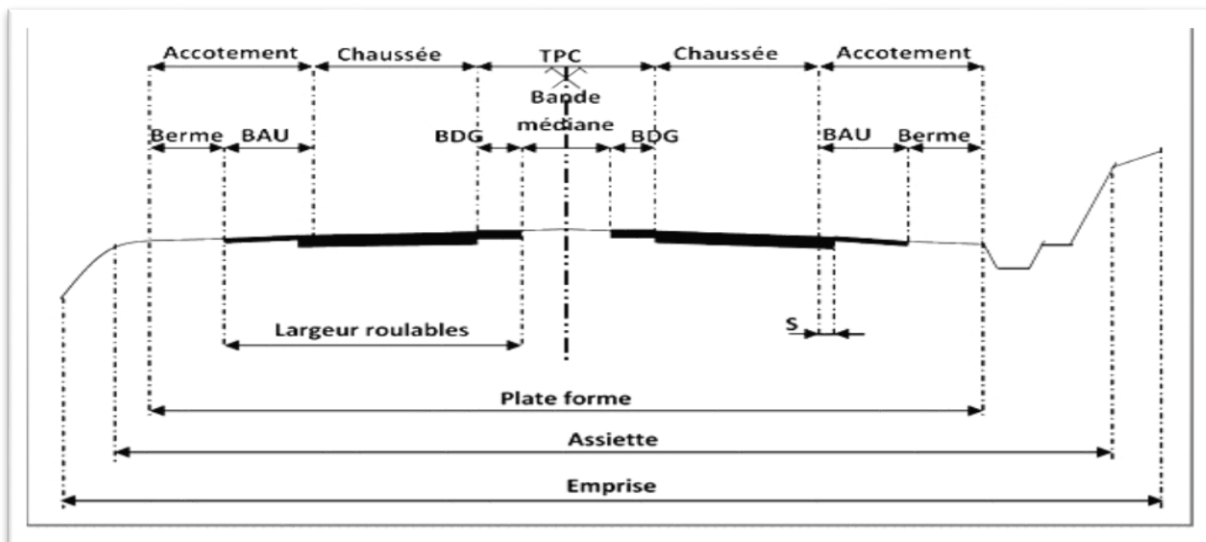


Figure V.7 : Eléments constitutifs du profil en travers

- **Emprise** : la surface du terrain appartenant à la collectivité, limites du domaine public.
- **Assiette** : la surface du terrain dans les limites des terrassements.
- **Plate-forme** : c'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la chaussée, les accotements, les terres pleins et les bandes d'arrêts.
- **Chaussée** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Accotements** : la plateforme qui borde extérieurement la chaussée, ils comportent les éléments suivants : Bande d'arrêt d'urgence et la berme.
- **Terre-plein central (TPC)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation contient deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **Fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

V.3.2. Pentes transversales

Les courbes de rayon inférieur à **Rnd** sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

V.3.2.1. En alignement et en courbe non déversée :

Tableau V.5 : valeur de devers

Elément du profil en travers	Valeur du devers
Chaussée	2.5%
Bond d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Identique a la chaussée adjacente si le devers de chaussée est < 4%
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique a la chaussée adjacente
La berme extérieure	8% ou (25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement)

V.3.2.2. En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5 % pour **Rnd** et 7 % pour **Rm**.

La pente de la **B.A.U.** (ou la **B.D.D.**) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la **B.A.U.** extérieure (ou la **B.D.D.**) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

V.3.3. Le profil en travers types de projet (pénétrante)

V.3.3.1. Description des différents paramètres :

La pénétrante de Guelma comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivants :

Tableau V.6 : Caractéristique du profil en travers types

Description	Largeur (m)	nombre	Largeur totale (m)
Chaussée 2x3 voies	3.5	6	21
Terre-plein centrale (T.P.C)			
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
Bande médiane (B.M)	2	1	2

Accotement			
La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
La berme	0.5	2	1
Longueur totale	32		

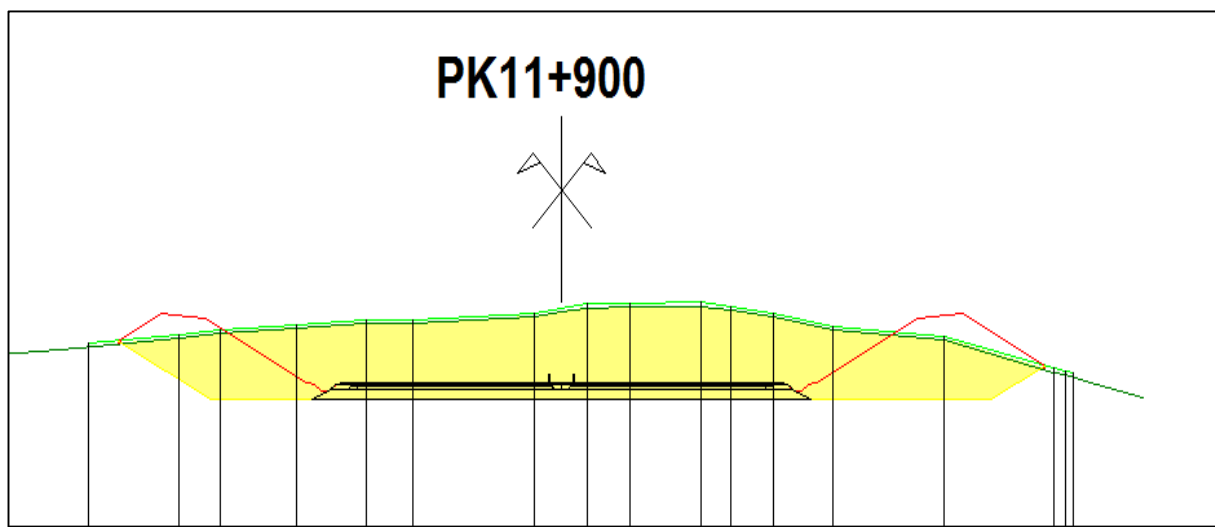


Figure V.8 : profil en travers projet cas déblais

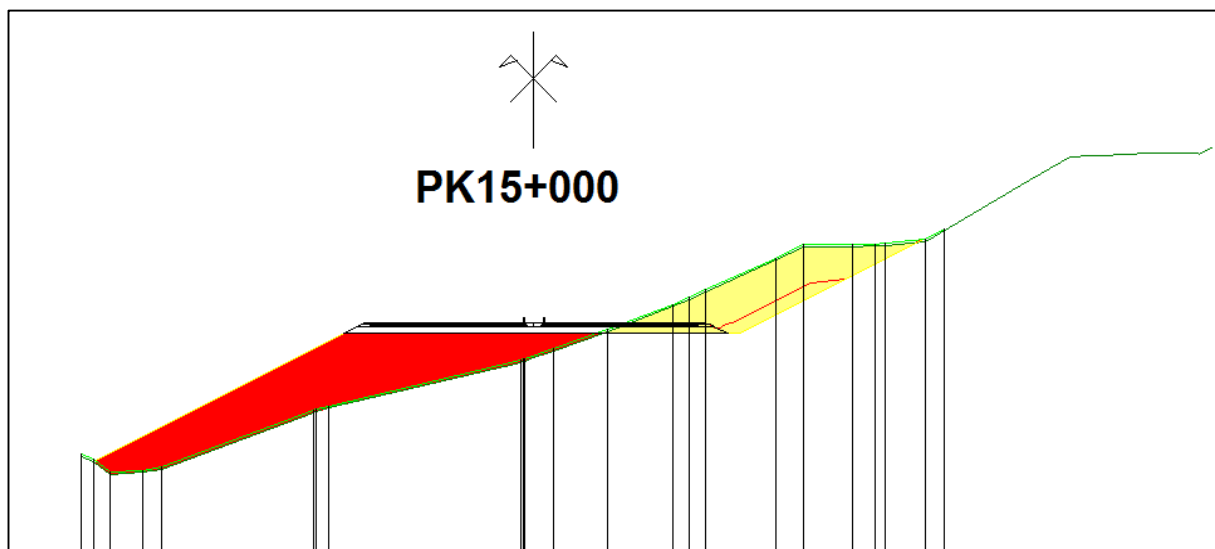


Figure V.9 : profil en travers projet cas mixte

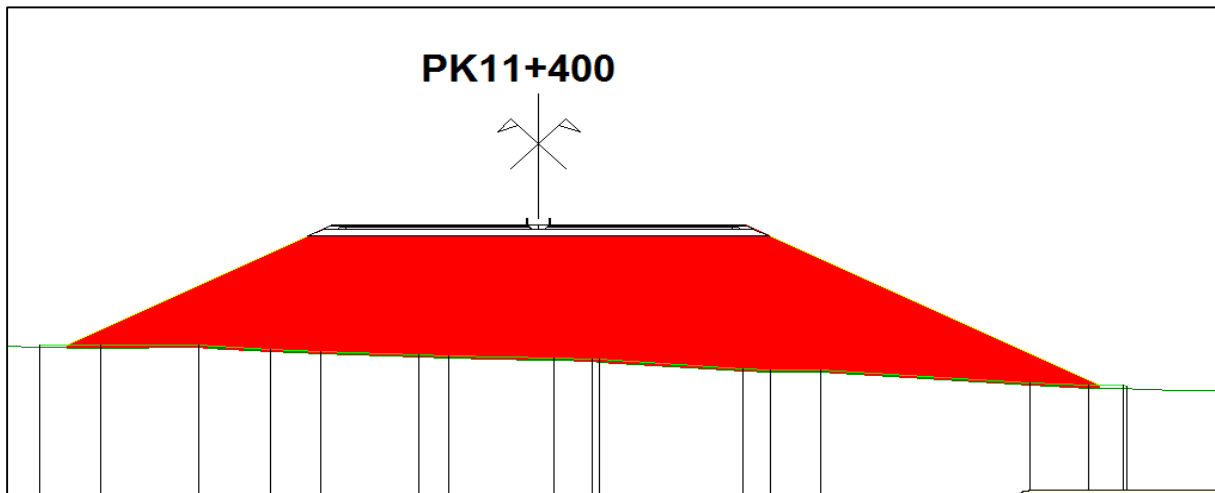


Figure V.10 : profil en travers projet cas remblai

V.3.4. Contraintes et réseaux divers traversés par le projet :

Au cours de notre étude et lors du tracé de l'axe de notre pénétrante on a trouvé des contraintes qui soit des réseaux différents existants tel que : piste, route, eau potable, lignes de gaz, lignes électriques et de télécommunication qu'il faut les protéger ou les préserver.

Les principales contraintes rencontrées dans notre emprise sont :

Routes, poteaux et lignes électriques (MT), conduites d'eau (AEP), conduites d'assainissement, conduites et fibre optique.

V.3.4.1. Les axes routiers traversés par le projet :

Dans la phase du tracé de l'axe de notre pénétrante on a essayé d'optimiser et évité toute intersection avec d'autre axes routiers, mais afin d'évité aussi des grands travaux de terrassement qui sont très couteuse à cause de la nature de terrain vallonné on a fait des rétablissements a la route nationale RN21 2 fois et on a traversé des chemins communaux aussi représenté dans le tableau suivant :

Tableau V.7 : les axes routier croisés.

Route traversé	PK	Commentaire
RN21	14+175 – 15+125	Rétablissement de RN21 sur 950 m y compris un passage supérieur sur RN21.
	17+775	Rétablissement de la RN21 au niveau de l'échangeur de Nechmaya. (passage supérieur)
Chemin communal	18+600	Passage inferieur
	20+300	Passage inferieur

V.3.4.2. Les lignes de fibre optique :

On a rencontré des lignes de fibre optique dans des PK différents représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.8 : les lignes de fibre optique traversé.

N. °	Emplacement Approximatif				
	km initial	km final	N	Km initial	Km final
1	13+898	14+032	8	15+784	15+863
2	13+948	13+983	9	15+788	15+832
3	14+021	14+430	10	15+874	15+966
4	14+641	14+771	11	16+182	16+339
5	14+824	15+100	12	16+345	17+007
6	15+214	15+265	13	16+681	16+716
7	15+680	15+729	14	17+409	17+544

V.3.4.3. Les réseaux électriques :

Notre pénétrante passe seulement sur des réseaux électriques de moyenne tension, qu'il faut les déplacés par l'administration concerné (SONELGAZ). Ces lignes sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.9 : les lignes de moyenne tension.

Ligne moyenne tension N°	PK	commentaire
01	12+150	lignes de moyenne tension
02	14+175	lignes de moyenne tension
03	14+950-15+375	lignes de moyenne tension
04	16+275-17+025	lignes de moyenne tension
05	18+525	lignes de moyenne tension

Pour traverser les lignes de moyenne tension il faut respecter les conditions suivantes :

- Une distance minimale de 10 m entre le poteau et l'accotement de la route. Cette distance représente la hauteur moyenne du pylône Elle est préconisée du fait que lorsqu'il y a une chute éventuelle du poteau perpendiculairement sur la route, ce dernier ne doit pas constituer une gêne pour les usagers.
- Une hauteur minimale par rapport à la chaussée (gabarit) de 8 m pour les lignes de moyenne tension.

V.3.4.4. Réseau de gaz :

Notre tracé traverse une seule conduite de gaz au niveau du PK15+500 du type gazoduc 8 ''.

V.3.4.5. Conduite d'eau potable :

Les conduites d'eau (AEP) traversés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.10 : interférence avec le réseau d'eau (AEP)

N. °	Emplacement Approximatif		Service en Interférence
	km initial	km final	
1	12+331	12+731	Conduite Ø200
2	13+259	13+621	Conduite Ø200
3	13+746	13+749	Conduite Ø200
4	13+768	13+900	Conduite Ø200
5	14+917	15+062	Conduite Ø200
6	15+819	16+247	Conduite Ø200
7	18+084	18+122	Conduite Ø200

Cubatures

VI. Cubatures

VI.1. Introduction

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont comme objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général. Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

La cubature des terrassements est une opération qui consiste à déterminer les volumes des terres (déblais et remblais) dans un projet. Autrement dit, c'est une opération qui consiste à déterminer la quantité des terres à l'évacuer en cas de déblais et à apporter en cas de remblais dans un projet routier.

VI.2. Les méthodes de calcul

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne : (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

Dans le cadre de notre étude on a utilisé la méthode de l'aire moyenne et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

VI.3. Description de la méthode

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = (H_m/6) \times (S_1 + S_2 + 4S_m)$$

- H_m : Hauteur moyenne entre deux profils.
- S_m : Surface limitée à mi- distances des profils.
- S_1 : Surface de profil en travers P1.
- S_2 : Surface de profil en travers P2.

La figure ci-dessous représente les sections de profil d'un tracé donné

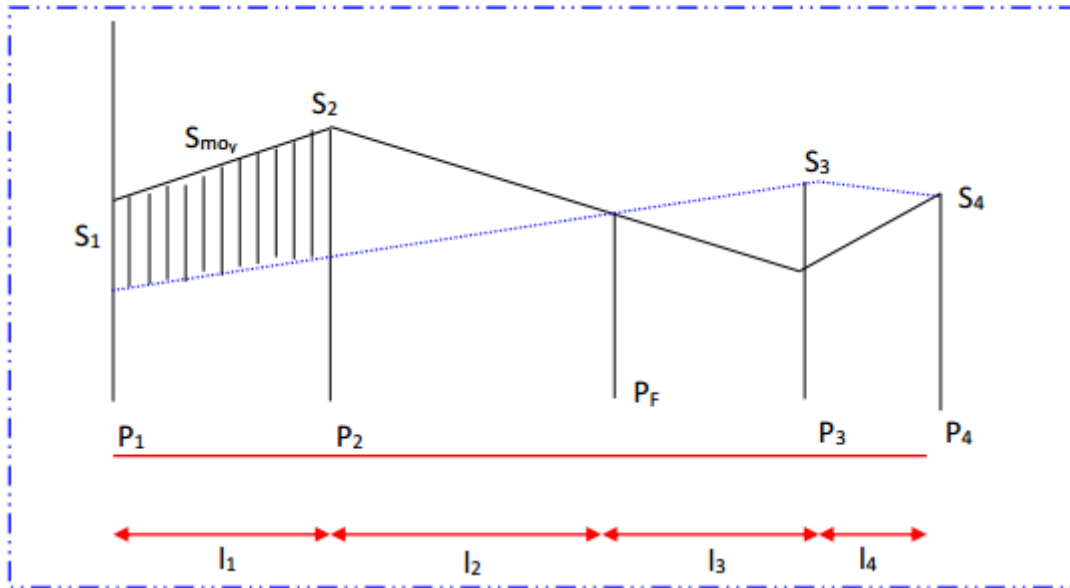


Figure VI.1 : les positions des sections dans un profil en long donné

Le volume compris entre deux profils en travers P_i et P_{i+1} de section S_i , S_{i+1} égale à :

$$V_i = (L_i/6) \times (S_i + S_{i+1} + 4S_m)$$

Pour un calcul plus simple, on considère que : $S_m = S_i + S_{i+1} / 2$

Donc :

- Entre P1 et P2 : $V_1 = L_1 \times (S_1 + S_2 / 2)$
- Entre P2 et PF : $V_2 = L_2 \times (S_2 + 0 / 2)$
- Entre PF et P3 : $V_3 = L_3 \times (0 + S_3 / 2)$
- Entre P3 et P4 : $V_4 = L_4 \times (S_3 + S_4 / 2)$

Le volume total : $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

$$V = (L_1/2) \times S_1 + ((L_1 + L_2)/2) \times S_2 + ((L_3 + L_4)/2) \times S_3 + (L_4/2) \times S_4$$

Remarque :

Le calcul des cubatures est fait par le logiciel autopiste et joint dans l'annexe.

Etude géotechnique

VII. Etude géotechnique

Dans ce chapitre, nous allons présenter la géotechnique du tronçon étudié, qui est une partie fondamentale dans toute étude d'un projet routier, pour connaître la nature et les caractéristiques du sous-sol.

VII.1. Introduction :

La géotechnique routière est une science qui traite les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle traite les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Elle a pour objet de prévoir le comportement des sols ou des matériaux granulaires. Elle se détermine par l'exécution des travaux de reconnaissance le long et autour de la zone d'étude.

Dans le cas de notre étude une campagne de reconnaissance est faite par le Laboratoire Central de Travaux Publics (LCTP), dans différentes sections (en remblais, en déblais ou dans des zones d'instabilité) elle concerne :

- La réalisation des essais in situ.
- Le prélèvement des matériaux.
- La réalisation des essais en laboratoires.

VII.2. Campagne de reconnaissance :

VII.2.1. Essai in situ :

Le laboratoire a procédé d'un programme de :

- 2 sondages carottés de profondeur 27 et 38 m avec prélèvement d'échantillons qui seront soumis aux différents essais de laboratoire.
- 4 essais SPT au niveau des 2 sondages
- 2 puits de reconnaissance à la pelle mécanique de 3m de profondeur avec prélèvement d'échantillons.
- 4 profils sismiques réfractions réalisés de 65m de longueur.

Les objectifs de cette intervention sont :

- préciser la nature et la structure du sous-sol, en particulier pour délimiter et caractériser les principales zones compressibles,
- prélever des échantillons pour la réalisation de différents essais en laboratoire.
- déduire les caractéristiques géotechniques des terrains traversés, en particulier pour le pré-dimensionnement des ouvrages,
- Identifier les risques majeurs liés à la géologie et à l'hydrogéologie locale,
- Apprécier les conditions de réutilisation des matériaux en remblai et en couche de forme.

VII.2.2. Les essais au laboratoire :

Les essais de laboratoires effectués sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : les différents essais réalisés au laboratoire

Essai	Description	Objectifs
Essais Physiques	Analyse granulométrique	Distribution dimensionnelle des grains constituant un matériau
	Teneur en eau naturelle	Détermination de la teneur en eau naturelle
	Densités sèche et humide	Détermination de la masse volumique des particules
	Limite d'Atterberg	Evaluation de consistance de matériau
	Valeur au Bleu de Méthylène	Détermination de l'argilosité de matériau
Essais mécaniques	Essai oedometrique	Etudie la consolidation de l'échantillon de sol
	Essai de cisaillement à la boite de Casagrande	Détermination des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion, angle de frottement) d'un matériau
	Essai de compression simple	Mesure de la résistance a la compression simple d'un matériau
	Essai Proctor	Détermination de la masse volumique optimale d'un matériau ainsi que sa teneur en eau optimale

VII.3. Résultats de la campagne :

VII.3.1. Stratigraphie :

Les puits de reconnaissance ont mis en évidence la présence des formations géologiques suivantes :

- Au droit de PK11+100, 15+550 et 17+480 : le sous-sol est constitué d'une formation marneuse à trace d'oxydation surmonté d'une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 1.50m.
- Au niveau de PK18+080 on note la présence d'une formation d'argile limoneuse marneuse surmontée d'une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.80m à 1.50m.
- Au droit de PK18+840 : la présence d'une couche d'argile limoneuse marneuse qui repose sur une couche d'argile marneuse peu sableuse à blocs, cailloux et graviers. Le

toit de ces formations est recouvert par une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 1.20m.

- Au PK19+520 : Présence d'une couche d'argile limoneuse marneuse qui repose sur une couche de marne verdâtre. Le toit de ces formations est recouvert par une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.70m à 0.90m.
- Au niveau de PK21+120 on note la présence d'une formation de blocs, galets et graviers dans une matrice argileuse qui repose sur une couche d'argile limoneuse marneuse. L'ensemble est recouvert d'une couche de terre végétale d'épaisseur égale à 0.70m.

Voici des images sur terrain qui représente la nature de sol et la lithologie :



PK 17+480 (marne jaunâtre à grisâtre surmonté d'une couche de terre végétale.

PK 18+080 ((Argile limoneuse marneuse jaunâtre a brunâtre repose sur un couche d'argile marneuse

La description lithologique le long du tracé est représenté dans le tableau suivant sur différents PK :

Tableau VII.2 : Description lithologique des puits de reconnaissance

Source :(rapport géotechnique LCTP)

Références puits		Lithologie
PK	profondeur	
	00.00 – 00.70	Terre végétale

11+100	00.70 – 03.00	Marne jaunâtre a trace d'oxydation
15+560	00.00 – 01.00	Marne jaunâtre a trace d'oxydation
17+480	00.00 – 00.60	Terre végétale
	00.60 – 01.80	Marne jaunâtre a grisâtre (refus)
18+080	00.00 – 01.10	Terre végétale
	01.10 – 02.60	Argile marneuse sableuse jaunâtre (refus)
18+840	01.20 – 02.10	Argile limoneuse marneuse jaunâtre a brunâtre
	02.10 – 03.00	Argile marneuse peu sableuse jaunâtre a blocs, cailloux et graviers
19+520	00.00 – 00.70	Terre végétale
	00.70 – 01.30	Argile limoneuse peu marneuse brunâtre
	01.30 – 03.00	Marne verdâtre a trace d'oxydation
21+120	00.00 – 00.70	Terre végétale
	00.70 – 01.50	Blocs, galets et graviers dans une matrice argileuse
	01.50 – 03.00	Argile limoneuse peu marneuse noirâtre

VII.3.2. Piézométrie :

En ce qui concerne la nappe phréatique, les niveaux considérés des piézométries sont implantés dans les sondages, les résultats des piézomètres implantés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.3 : Niveau des piézomètres sur une période (de 5 mois et demi) au plusieurs PK.

Source (rapport géotechnique LCTP)

PK	Profondeur (m)	Piézométrie				
		02/09/2015	13/08/2015	05/10/2015	19/12/2015	22/02/2016
		Niveau(m)	Niveau(m)	Niveau(m)	Niveau(m)	Niveau(m)

18+580	10	3.60	3.65	3.80	3.10	2.7
18+870	10	2.35	2.35	2.40 (rompu)	2.10 (rompu)	
19+210	12	Rompu à 3 m	Rompu à 3 m	Rompu à 3 m	Rompu à 3 m	
19+300	12	9.70	9.30	8.50	Obstruit	
19+300	19	3.95	3.95	4.10	-	
19+400	12	4.00	3.90	4.10	-	
20+250	10	3.60	3.80	3.80	-	
20+700	20	/	4.00	3.80	-	
20+920	12	2.85	3.15	2.70	2.70	

La figure suivante représente un exemple de puits réalisé au niveau du PK18+900.



Figure VII.2 : puits réalisé au PK18+900 niveaux d'eau 3m.

VII.4. Profil géologique avec implantation :

Les figures suivantes représentent le profil géologique effectuée sur la zone d'étude du PK11+400 jusqu'au PK21+400 sur un profil en long, ainsi la ligne rouge de la pénétrante et les zones de déblais et de remblais.

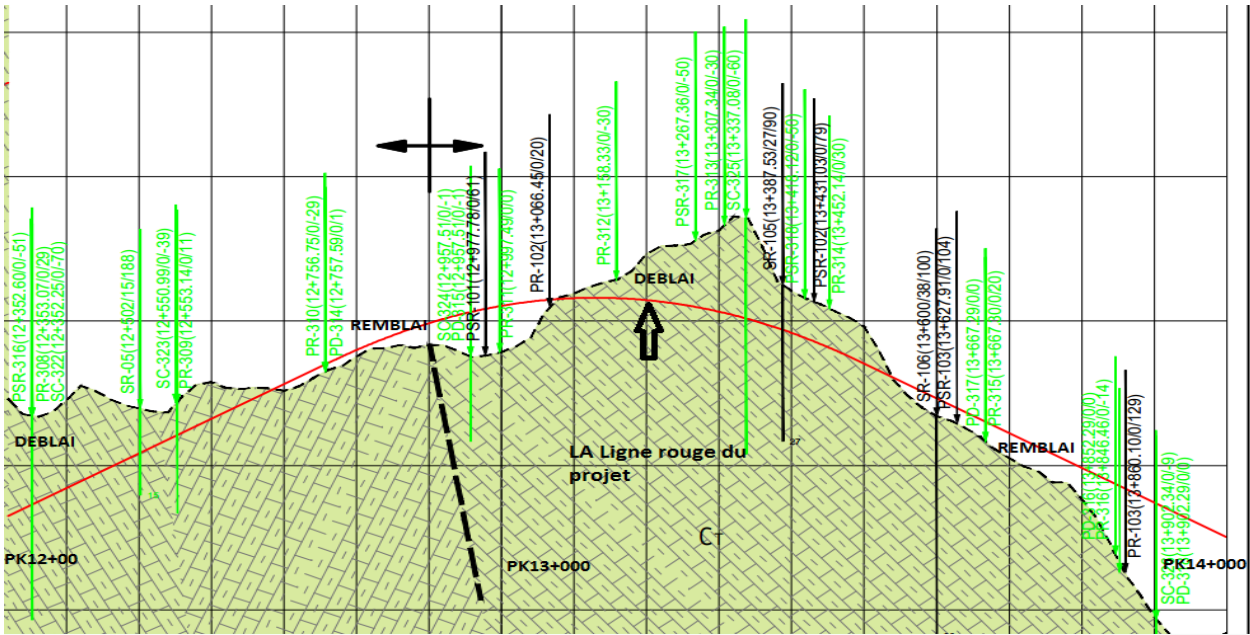


Figure VII.3 : profil en long géotechnique indique les reconnaissances géotechniques du PK12+000 jusqu'au PK14+000

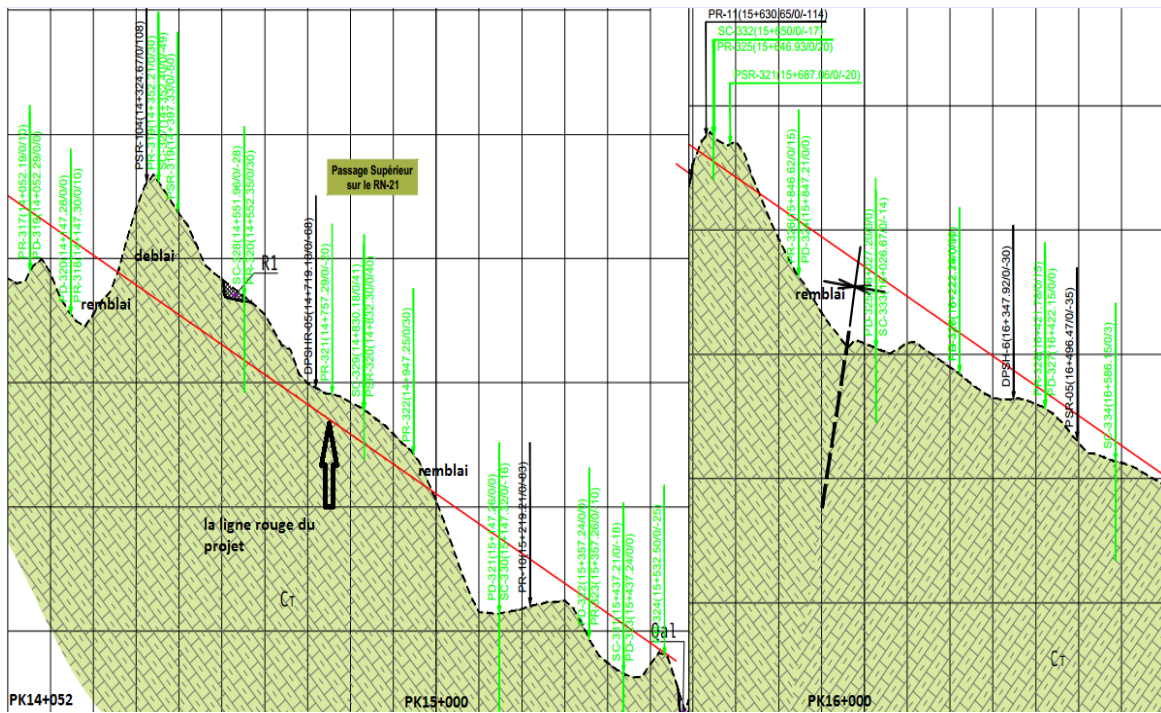


Figure VII.4 : profil en long géotechnique indique les différentes reconnaissances du PK14+052 au PK16+600

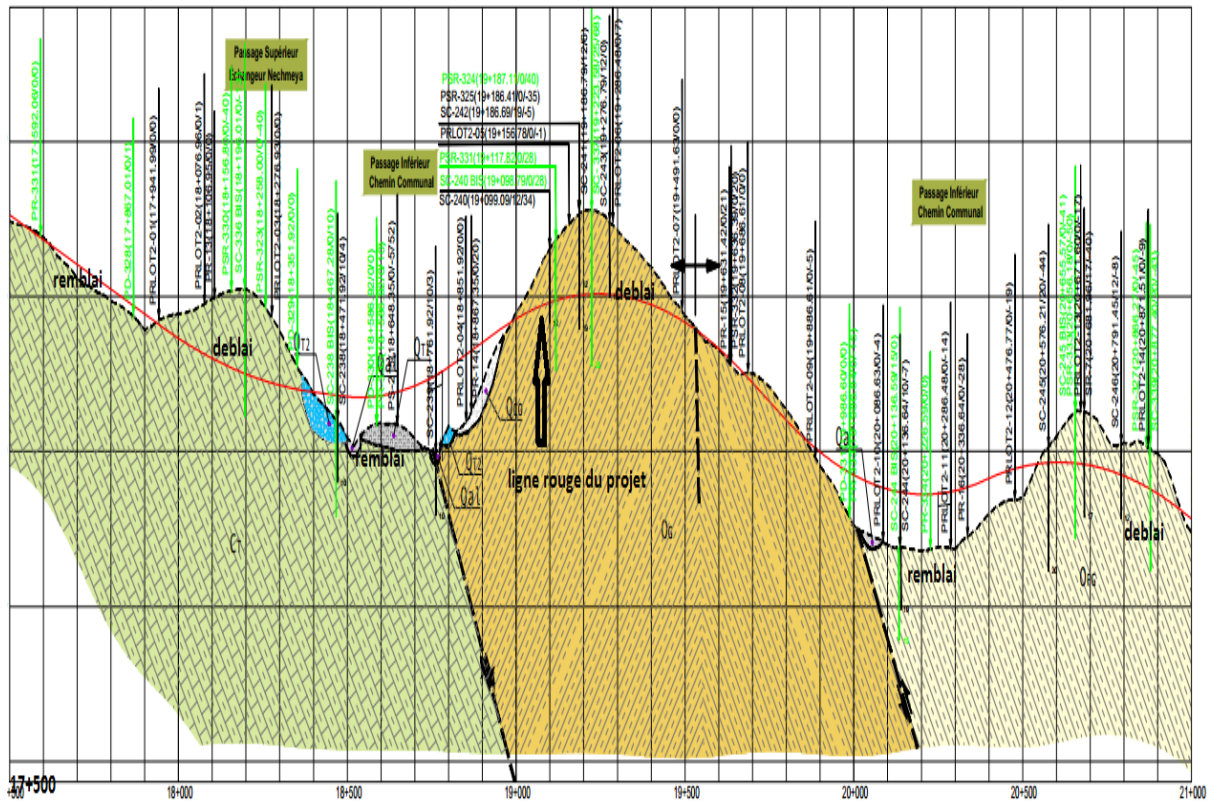


Figure VII.5 : profil en long géologique du PK17+500 au PK21+000.

VII.4.1. Essais au laboratoire :

VII.4.1.1. Essais physiques :

• Zones en déblais :

Les résultats des essais faits au laboratoire sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau VII.4 : Résultats des essais physiques en zones de déblais

PK	Profondeur r (m)	Granulométrie % Passant à 0.08 mm	Plasticité			Proctor normal		Proctor modifié		ICBR imbibé	VBS %	Classe
			Wl	Wp	Ip	γ_{dmax} t/m ³	Wopt %	γ_{dmax} t/m ³	Wopt %			
11+500 - 11+650	0.5-3.0	27.0	57.4	27.2	30.2	1.88	12.6	2.08	10.1	4.19	1.04	A _{2ts}
Matériau très compacte non soluble après deux (02) jours dans l'eau												

Chapitre VII : Etude géotechnique

	1.3-4.0	100.0										
11+850 - 13+600	1.10-2.20	23.0	40.1	20.7	19.4	1.82	12.4	1.89	12.1	6.32	2.46	A _{2ts}
	0.96-2.08	72.0	42.4	23.4	18.9	1.94	6.4	2.03	9.6	7.76	1.63	A _{2ts}
13+700 - 13+800	1.00-2.10	72.0	42.4	23.4	19.0	1.94	6.4	2.03	9.6	7.76	1.63	A _{2ts}
	0.00-3.00	100.0	39.0	24.8	14.2	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	1.63	A _{2ts}
14+200 - 15+000	1.00-1.50	89.2	45.2	22.6	22.6	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	0.23	A _{2h}
	0.00-1.20	100.0	38.3	23.3	15.0	1.86	14.3	1.97	10.0	4.07	0.27	A _{2h}
15+475 - 15+775	0.00-1.20	100.0	38.3	23.3	15.0	1.86	14.3	1.97	10.0	4.07	0.22	A _{2ts}
	0.00-1.20	100.0	38.3	23.3	15.0	1.86	14.3	1.97	10.0	4.07	0.34	A _{2ts}
16+925 - 17+275	0.60-1.80	100.0	44.9	20.0	24.9	1.66	13.0	1.97	10.2	4.28	0.20	A _{2ts}
	0.60-1.80	100.0	43.9	22.7	21.2	1.87	10.1	1.97	10.2	4.28	0.20	A _{2ts}
17+925 - 18+375	1.30-4.00	100.0	27.6	16.5	11.1	1.73	16.3	1.95	10.1	6.63	3.10	A _{2ts}
	0.80-4.00	100.0	44.4	23.7	20.8	1.84	8.2	1.77	13.2	6.7	3.61	A _{2h}
18+875 - 19+525	1.20-3.00	48.0	40.7	20.4	20.3	1.70	12.1	1.93	8.7	5.85	2.92	A _{2s}
	0.70-3.00	82.0	58.4	28.9	29.5	1.64	11.1	1.92	8.0	1.3	3.98	A _{3ts}
20+525 - 21+025	0.30-4.00	100.0	41.2	22.9	18.3	1.89	10.7	1.98	9.5	7.85	3.08	A _{2ts}
	0.70-4.00	69.0	33.7	16.5	17.2	1.76	12.5	1.84	11.0	1.6	4.91	A _{2s}

- Zone en remblai :

Tableau VII.5 : résultats des essais physiques en zones de remblais (Source : rapport géotechnique LCTP)

PK	Profondeur (m)	Granulométrie % Passant à 0.08 mm	Plasticité			Proctor normal		Proctor modifié		I _{CBR} imbibé	VBS %	Classification GTR
			Wl	w _p	I _p	γ _{dmax} t/m ³	w _{opt} %	γ _{dmax} t/m ³	w _{opt} %			
11+400 - 11+500	1.0-4.0	100	48.4	26.6	21.9	1.83	16.1	1.86	16.1	4.19	1.04	A _{2ts}
			57.4	27.2	30.2	1.88	12.6	2.08	10.1	4.53	2.06	A _{2ts}
	1.0-1.5	27.0										
11+650 - 11+850	2.5-4.00	23.0	Matériau très compacte non soluble après deux (02) jours dans l'eau									
	1.10-2.20	23.0	40.1	20.7	19.4	1.82	12.4	1.89	12.1	6.85	2.77	A _{2ts}
13+625 - 13+700	1.00-2.10	72.0	42.4	23.4	19.0	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	2.43	R ₃
			39.0	24.8	14.2	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	1.63	A _{2ts}
	0.96-2.08	72.0										
13+800 - 14+200	0.00-3.00	100.0	39.0	24.8	14.2	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	0.23	A _{2ts}
			38.3	23.3	15.0	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	0.23	R ₃₄
	0.00-1.20	100.0										
14+200 - 15+475	0.00-1.20	100.0	38.3	23.3	15.0	1.94	9.4	2.03	9.6	7.76	0.23	R ₃₄
			38.3	23.3	15.0	1.86	14.3	1.97	10.0	4.07	0.22	A _{2ts}
	12.5-13.0	100.0										
15+800 - 16+925	2.0-2.55	100.0	53.9	26.6	27.3	1.86	14.3	1.97	10.0	4.07	0.29	A _{2ts}
			44.9	20.0	24.9	1.66	13.0	1.97	10.2	4.28	0.20	R ₃₄
	2.8-15.0	86.4										

16+925 - 17+925	2.8-15.0	86.4	44.9	20.0	24.9	1.66	13.0	1.97	10.2	4.28	0.20	R ₃₄
	1.3-4.00	100.0	27.6	16.5	11.1	2.1	8.6	1.95	10.1	6.7	3.10	A _{2s}
17+925 - 18+875	1.30-4.00	100.0	27.6	16.5	11.1	2.1	8.6	1.95	10.1	6.7	3.10	A _{2s}
	1.20-3.00	69.0	57.2	24.1	33.1	1.70	12.1	1.76	12.9	5.85	3.46	A _{2ts}
18+875 - 20+525	1.20-3.00	69.0	57.2	24.1	33.1	1.70	12.1	1.76	12.9	5.85	3.46	A _{2s}
	0.30-4.00	100.0	41.2	22.9	18.3	1.89	10.7	1.94	10.1	7.85	3.08	A _{2ts}

❖ **Interprétation des essais :**

Les essais granulométriques ont donnés les résultats suivants :

- PK 11+100, PK 15+560, PK 17+480 et PK 18+080) :

Le pourcentage des éléments inférieurs à 80µégale 100% \implies des limons peu plastiques sable fins peu pollués (A1, A1th et A1ts)

$\% < 2\text{mm} = 100\%$ \implies Sols à tendance argileuse.

$28 \leq \% < 2\text{mm} \leq 49$ \implies Sols à tendance graveleuse.

- Au PK19+520, et PK 20+225 :

Le pourcentage des éléments inférieurs à 80µ varie entre 41% et 100% \implies des sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques (A2h, A2 m et A2s)

Le pourcentage des éléments $\% < 2\text{mm}$ varie entre 55% et 100% \implies Sols à tendance sableuse.

D'après les essais de bleu de méthylène on constate que : $0.20 \leq \text{VBs} \leq 5.00$ \implies Sols sablo-limoneux, sablo-argileux, limoneux peu plastique à plasticité moyenne, des sols limoneux et des sols argileux.

D'après l'essai de Casagrande de plasticité on remarque que l'indice de plasticité est :

$14.2 \leq I_p \leq 32.8$. Donc : le Sol est plastique à très plastique.

Les valeurs de la densité sèche, comprise entre 1.60 t/m³ et 2.68 t/m³, indiquent que le sol est dense à très dense.

Chapitre VII : Etude géotechnique

Les densités sèches optimales (γ_{dmax}) sont de l'ordre de 1,72 t/m³ à 2.16 t/m³, pour des teneurs en eau à l'optimum Proctor modifié entre 8 % et 16,1%.

Les valeurs ICBR à 95% de l'OPM varient d'un PK à un autre. Elles sont entre 1.16 et 7.85, ce qui montre que les sols sont de faible ($5 < CBR < 10$) à très faible portance ($CBR < 5$). Donc la réalisation d'une couche de forme s'avère nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée, l'obtention de la capacité recherché en fond de couche conduira généralement à une mise en œuvre en 2 couches.

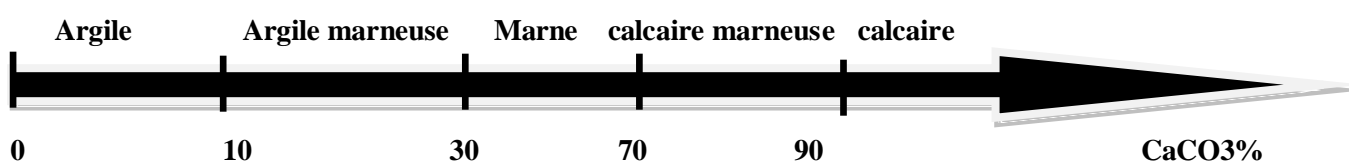
❖ Analyse chimique du sol :

La campagne géotechnique a réalisé plusieurs sondages pour prélever des échantillons afin de réaliser les essais au laboratoire dont l'analyse chimique de sol, qui a donné les résultats représentés dans le tableau suivant :

Sondage /PK	Profondeur	Carbonate (CaCO ₃) %	Matière organique %	Sulfate (SO ₄) %	Insoluble
PR02 (PK11+400)	1.00-4.00	28.80	4.00	Traces	59.80
PR306 (PK11+955)	0.90-2.30	64.75	2.00	0.00	24.68
PR308 (PK12+355)	1.23-1.93	63.93	1.00	0.00	29.01
PR315 (PK13+670)	0.96-2.08	49.21	4.00	0.00	36.91
SC330 (PK15+147)	3.10-3.50	12.93	0.00	Traces	/
SC334 (PK16+586)	1.5-1.75	17.24	0.00	Traces	/
SC336 (PK17+166)	11.50-11.80	8.62	0.00	Traces	/
SC240 (PK19+130)	4.00-4.45	12.93	Néant	Traces	/
PR16 (PK21+400)	1.70-4.00	3.70		Traces	80.00

❖ Interprétation des résultats :

La nature de sol en fonction du pourcentage de carbonate de calcium est donnée à partir du diagramme suivant :



Pour les sondages :

- SC336 (PK 17+166) et PR16 (PK21+400) la teneur en carbonate de calcium est inférieure à 10 donc le sol est argileux.
- SC240 (PK19+130), SC334 (PK16+586) et PR02 (PK11+400) la teneur en carbonate de calcium est entre 10 et 30 donc le sol est argileux marneux.
- PR306 (PK11+955), PR308 (PK12+355) et PR315 (PK13+670) la teneur en carbonate de calcium est entre 30 et 70 donc le sol est marneux.

Pour les sondages qui ont le sulfate en phase de trace indiquent que le sol est non agressif.

VII.4.1.2. Essai mécanique :

❖ Essai de compression simple :

Les résultats prélevés des sondages sont soumis aux essais de résistance à la compression simple, le tableau suivant montre les résultats obtenus :

Tableau VII.6 : résultats d'essai de compression simple Source (rapport géotechnique LCTP)

PK	Profondeur(m)	Diamètre-hauteur (D-H) cm	Poids (kg)	Charge (KN)	RC (MPa)	Classe
13+370	19.10 - 19.30	7.5 – 15	1862.9	90	20.38	R5
13+600	11.10 – 11.25	9.0 – 18	3117.2	120	18.87	R6

Les valeurs de la compression simple sont comprises entre 18 et 20 MPa nous mettent en présence d'un sol de résistance relativement faible.

❖ Essai Los Angeles et Micro Deval :

L'essai los Angeles permet de mesurer la résistance à la fragmentation par choc des éléments de granulats, et Micro Deval permet de mesurer la résistance à l'usure des roches les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.7 : résultats des essais Los Angeles et micro deval Source (rapport géotechnique LCTP)

Essai	PK	Profondeur	Classe granulaire	Passant au tamis de 1.6	Refus au tamis de 1.6	Coefficient LA/MDE(%)
Los Angeles	13+370	11.00 – 17.00	10/25	1304.5	3695.5	26
Micro deval			10/14	396.5	103.5	21

Les résultats obtenus par Los Angeles et Micro Deval sont de 26 et 21 successivement. Ce qui montre que les matériaux testés sont durs.

VII.5. Gite d'emprunt :

Pour les sections où on a un remblai on utilise le matériau du gite d'emprunt de Koudiet Mahcha qui est de meilleure qualité que le sol de déblai.

VII.5.1.1. Localisation de la Gite d'emprunt :

La gite d'emprunt se trouve à 15 km du PK 34 à côté d'Ain Iberda pas loin du fin de notre projet, l'unique accès est pour la piste créée pendant les travaux de réalisation de l'autoroute Est Ouest.

La carte suivante montre l'emplacement du gite d'emprunt :



Figure VII.6 : carte montre la localisation du Gite d'emprunt (Source : Google Earth)

Ci-dessous il est inclus les résultats des essais de laboratoire disponibles sur les matériaux prélevés de ce Gite analysés pour la construction des remblais.

Tableau VII.8 : les résultats des essais au laboratoire des matériaux d'emprunt

Coordonnés		Profondeur(m)	Analyse granulométrique			Limite d'atterberg			VBS	Teneur en eau Wn	Proctor normal		Classe GTR
X	Y		Dmax	%<2 Mm	%<0.08 mm	Wl	Wp	Ip			Wopt %	γdma x t/m3	
381.462	4050.826	0.30-3.00	80	30.44	10.08	31	18	13	1.83	7	10	2.0	C1B5
381.576	4050.827	0.30-1.50	80	23.98	13.99	22	16	6	0.9	10	8	2.17	C1B5
381.576	4050.827	1.50-3.00	80	22.68	11.87	23	16	7	1.12	8	8	2.14	C1B5
381.562	4051.168	0.30-1.70	80	26.54	11.48	20	15	5	0.38	8	6	2.18	C1B5
381.562	4051.168	1.70-3.00	80	37.91	23.98	40	22	20	1.86	7	8	1.86	C1B5
381.615	4051.106	0.30-1.40	80	32.27	11.47	18	14	4	0.25	5	6	2.19	C1B5
381.615	4051.106	1.40-2.80	80	38.22	23.59	28	18	10	0.85	12	10	1.97	C1B5
380.022	4055.505	0.30-2.20	100	91.9	16.7	17	14	3	0.56	8	8	2.11	C1B5
380.010	4055.541	0.20-2.50	100	40.2	15.6	19	15	4	0.46	13	8	2.12	C1B5

Les caractéristiques de ces matériaux granulaires, avec des contenus des fins inférieures à 25%, et limites d'Atterberg correspondant à matériaux de modérée à faible plasticité.

D'après les résultats obtenus on a caractérisé le sol comme classe GTR : C1B5. Ce sol correspond à dépôts, graviers (taille 2-50 cm) avec matrice argileux.



Figure VII.7 : Photos sur la gîte d'emprunt de koudiet mahcha.

VII.6. Stabilité des talus en déblais et en remblais :

Le calcul de la stabilité des talus est une phase très importante dans la phase d'étude d'un projet routier, car il faut contrôler les déplacements de masses de terres. Le dimensionnement se fait par la méthode Bishop, c'est un calcul à la rupture fait à l'aide du logiciel slide qui nous donne un coefficient de sécurité F_s à court et à long terme et aussi dans le cas dynamique. On dit que le talus est stable si $F_s > 1.3$ à court terme et si $F_s > 1.5$ à long terme et $F_s > 1$ au cas dynamique.

Les principaux paramètres qu'il faut prendre en compte dans la stabilité des talus sont :

- La géométrie du talus (hauteur, pente, banquettes intermédiaires).
- La géométrie des couches constitutives du talus, s'il n'est pas homogène.
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs des différentes couches du talus et des sols d'assise.
- La distribution de la charge hydraulique.

VII.6.1. Stabilité des talus en déblais :

Les déblais à réaliser dans les terrains gréseux et argileux, l'adoption de faibles pentes de talus s'impose, avec rapport $V/H=1/2$ à $1/1,5$, et bermes de 3 m de largeur, chacune à 7 m de hauteur.

On a choisi les profils en déblai est situé entre le PK 18+950 et le PK 19+920. La nappe phréatique est située à une profondeur de 3.6 m.

Les caractéristiques de cette section en déblai sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau VII.9 : caractéristiques de la section étudiée

Lithologie	Profil	Hauteur (m)	γ (t/m ³)	C (Kp/cm ²)	ϕ (°)	
Og (argile et marne) à court terme	19+250	20		2.1	>1.3	-
Og (argile et marne) à long terme	19+250	20		2.1	0.25	25

Les résultats des calculs de stabilité effectués par le logiciel slide pour chaque cas s'incluent dans les graphiques suivants :

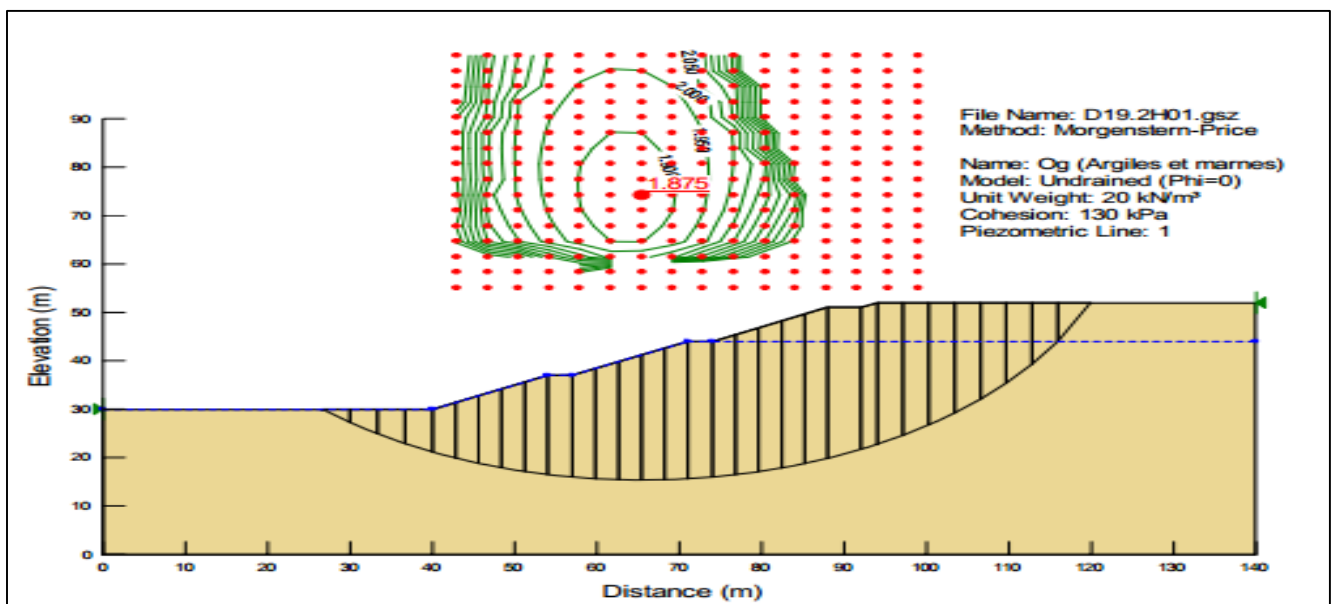


Figure VII.8 : calcul de stabilité pour le déblai excavé (court terme)

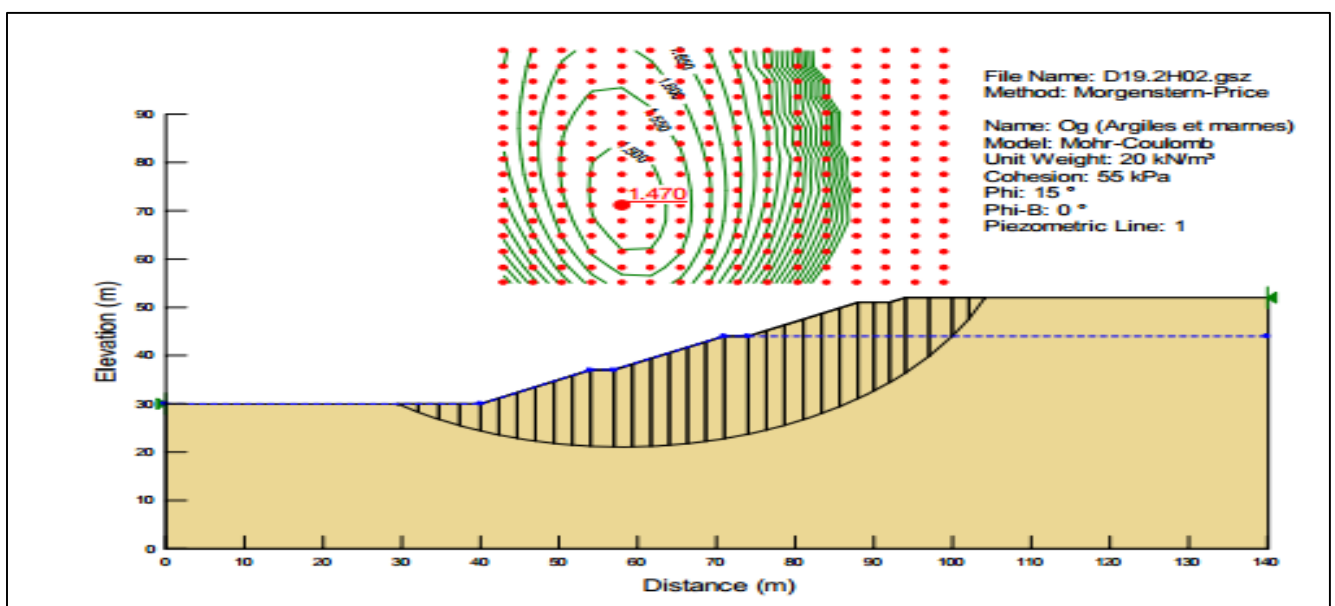


Figure VII.9 : calcul de stabilité pour le talus excavé (long terme)

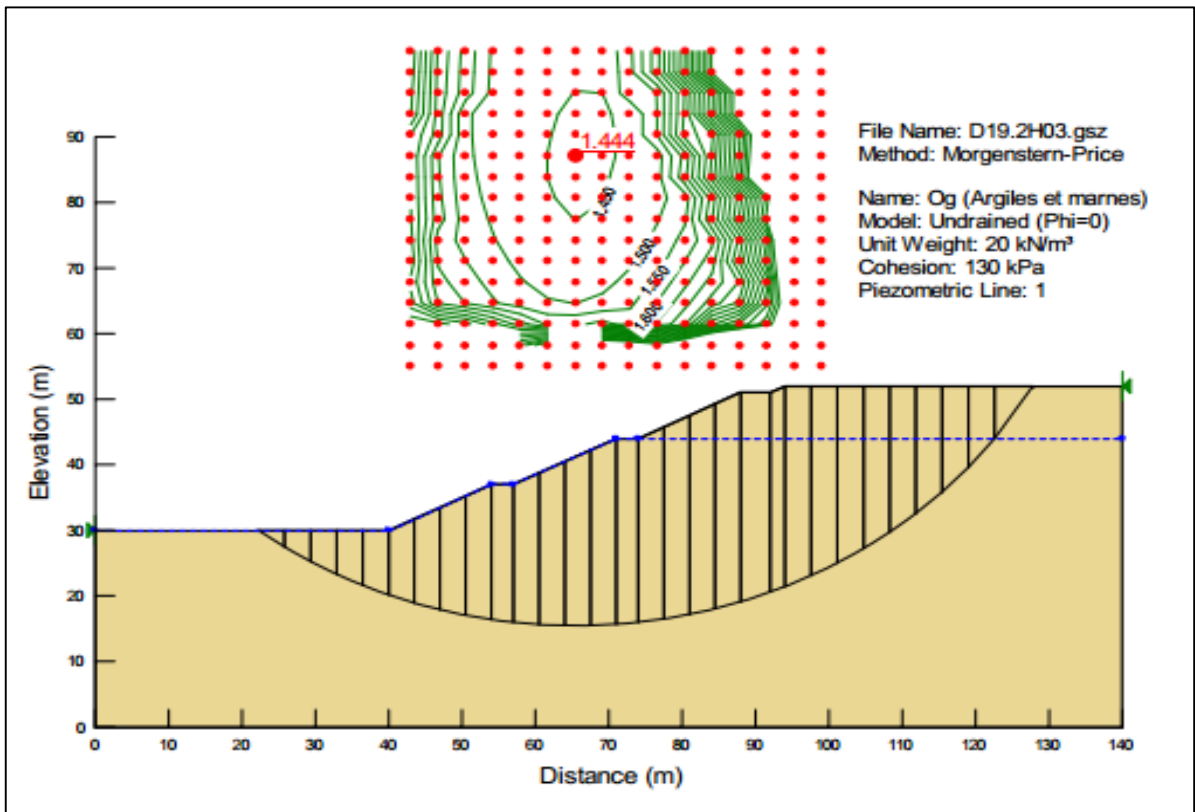


Figure VII.10 : calcul de stabilité des déblais excavés (séisme)

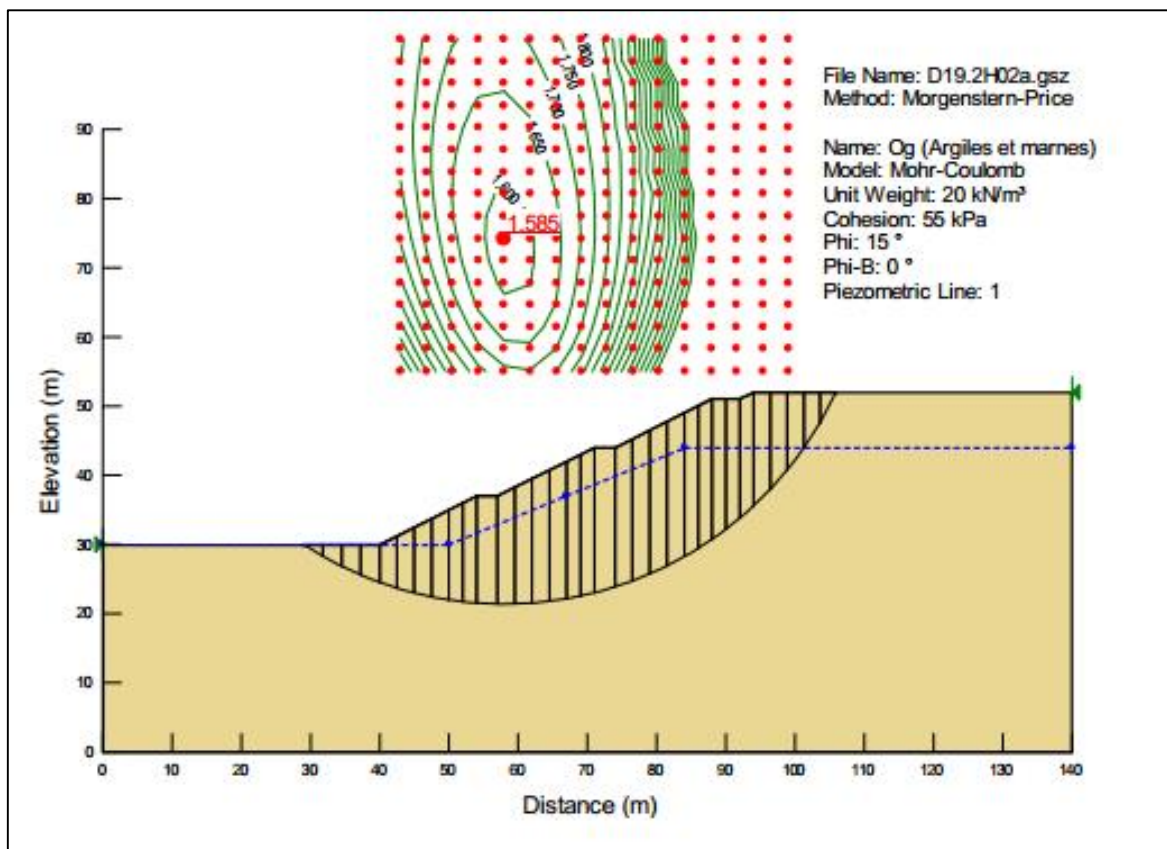


Figure VII.11 : calcul de stabilité des déblais avec drains (long terme)

Le tableau suivant résume les résultats de calcul de stabilité effectué :

Tableau VII.10 : Résultat des calculs de stabilité effectués pour les déblais

Lithologie	Hmax (m)	Talus	Fs
Og (argile et marne) (court terme)	20	2H : 1V avec bermes de 3m chaque 7m de hauteur	1.9
Og (argile et marne) (long terme)	20	2H : 1V avec bermes de 3m chaque 7m de hauteur	1.5
Og (argile et marne) (long terme)	20	2H : 1V avec bermes de 3m chaque 7m de hauteur avec drains subhorizontaux	1.6
Og (argile et marne) (séisme)	20	2H : 1V avec bermes de 3m chaque 7m de hauteur	1.4

VII.6.2. Stabilités des talus en remblai :

On a étudié la zone en remblai du PK13+540 – 14+260 les caractéristiques du matériau en remblai sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.11 : paramètres géotechniques de matériau en remblai

Lithologie	Profil	Hauteur (m)	γ (t/m3)	C (kpa/cm2)	ϕ (°)
Ct (marne) (court terme)	14+200	7	2.3	Su>0.25	-
Ct (marne) (long terme)	14+200	7	2.3	0.85	25

Pour les remblais de grande hauteur il est nécessaire la réalisation des remblais avec matériels rocheuses, ou enrochement, pour garantir les caractéristiques résistantes du remblai.

Les résultats des calculs de stabilité effectués par le logiciel slide pour chaque cas s'incluent dans les graphiques suivants.

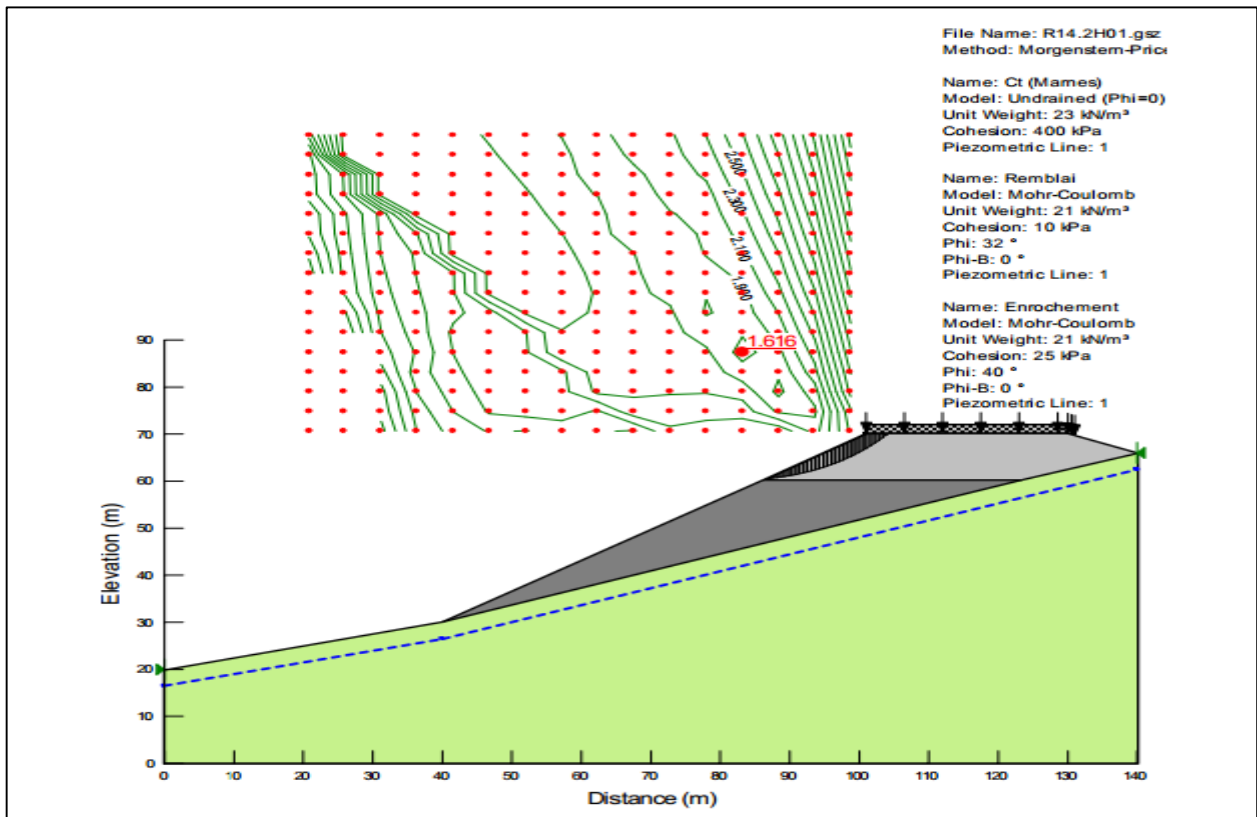


Figure VII.12 : calcul de stabilité de remblai (court terme)

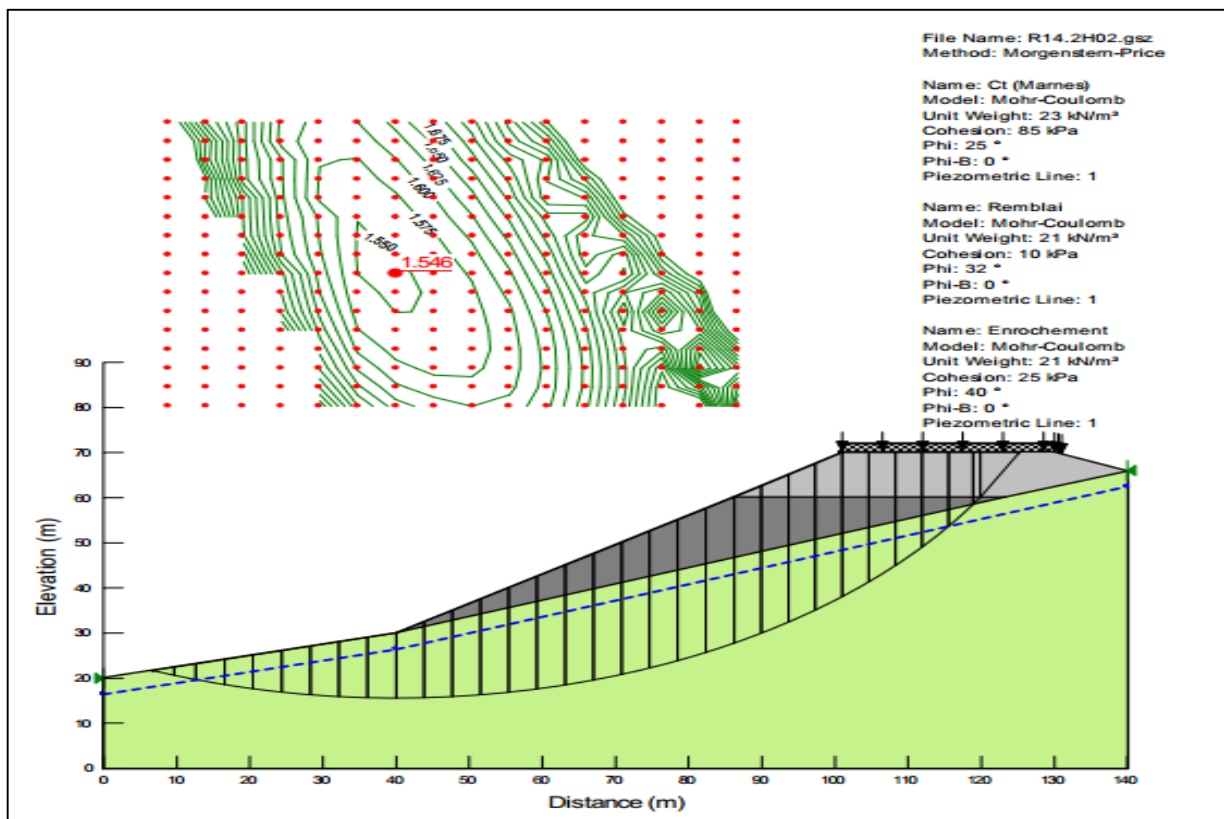


Figure VII.13 : Calcul de stabilité pour les remblais (long terme)

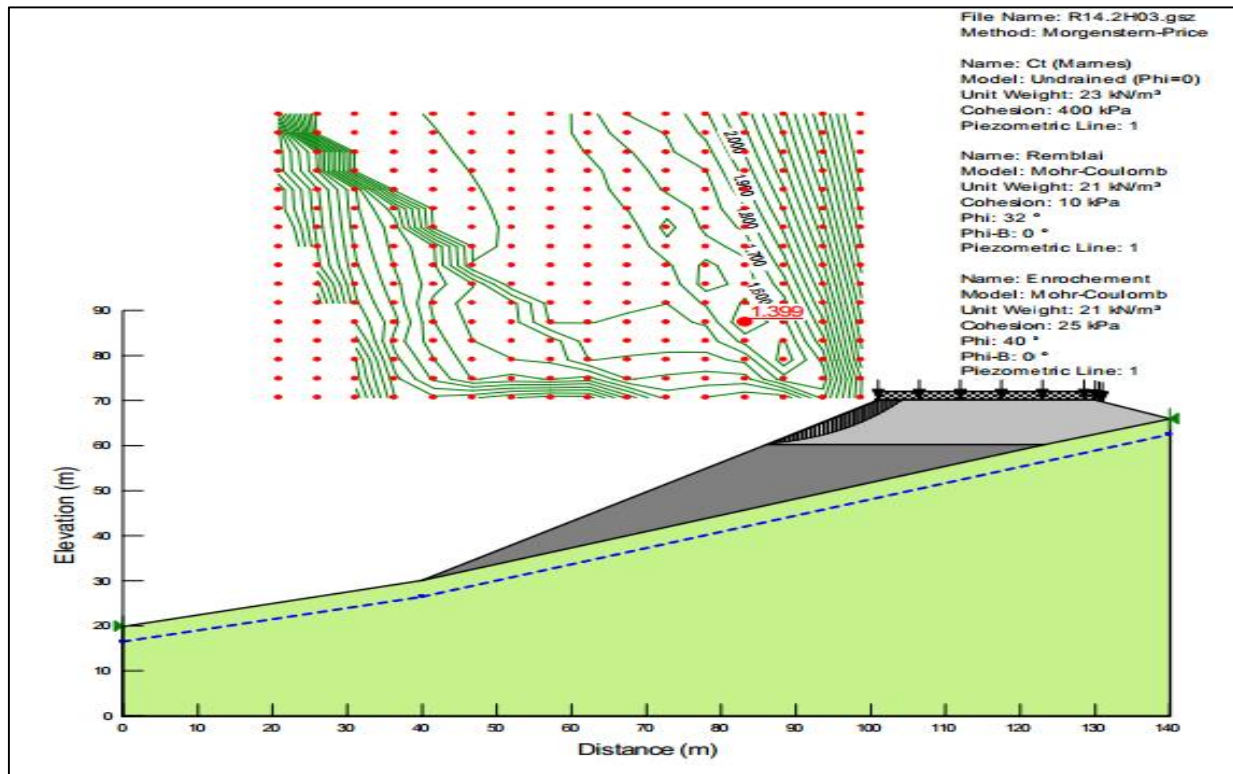


Figure VII.14 : Calcul de stabilité pour les remblais (séisme)

Le tableau suivant résume les résultats des calculs de stabilité effectués :

Tableau VII.12 : Résultat des calculs de stabilité effectués pour les déblais.

Lithologie	Hmax (m)	Calcul	Talus	Fs
Remblais	7	Court terme	2H:1V	1.6
Remblais	7	Long terme	2H:1V	1.5
Remblais	7	Séisme	2H:1V	1.4

Comme il est apprécié dans les figures précédentes, le coefficient de sécurité obtenu est suffisant.

VII.7. Dimensionnement de corps de chaussée

VII.7.1. Introduction :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc... Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes

caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction du trafic, l'environnement de la route (le climat essentiellement) et le sol support...

VII.7.2. Les principales méthodes de dimensionnement :

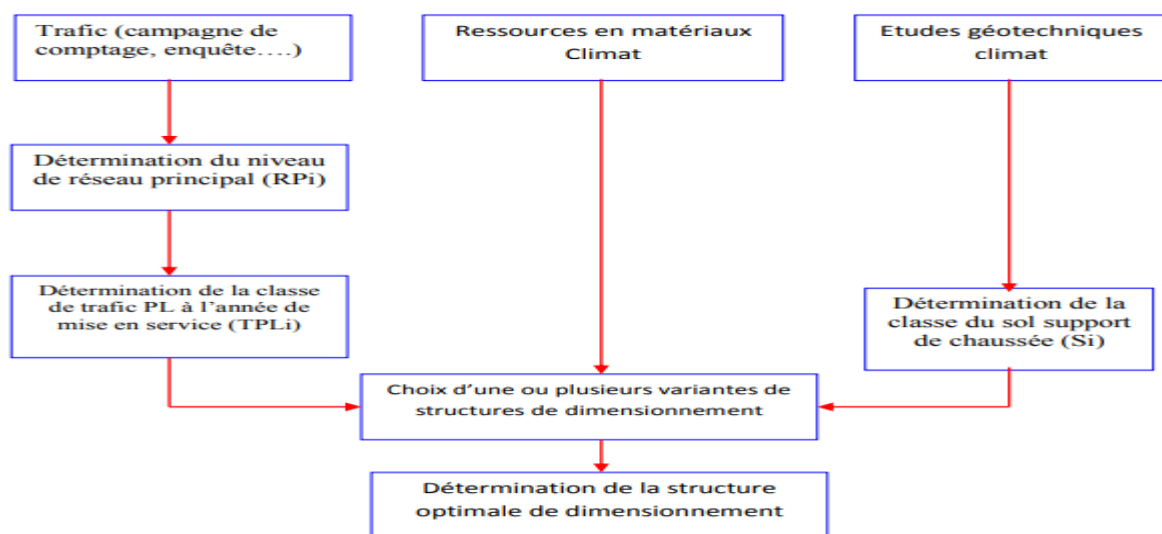
Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

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

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser la méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

❖ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré-calculées.



VII.7.2.1. Application de la méthode du catalogue au dimensionnement du corps de chaussée

Trafic et comptage : 14856 v/j

L'année de mise en service 2018

TJMA2017= 14856 V/J \longrightarrow TJMA2018= 15376 V/J

TJMA2018 = 15376 * 2/3 = 10251 v/j/sens.

Durée de vie : 20 ans. Et PL = 26.7%.

$$NPL2018 = 10251 * 26.7 = 2737 \text{ PL/j/sens}$$

$$NPL2038 = 2737 * (1 + 0.035)^{20} = 5447 \text{ PL/J/sens}$$

On a une chaussée unidirectionnelle à 3 voies donc : 80% du trafic poids lourd sur la voie lente de droite.

$$NPL2018 = 2737 * 0.8 = 2190 \text{ PL/j sur la voie la plus chargée.}$$

VII.7.2.2. Détermination du type de réseau principal :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivants (tableau VII.13) :

Tableau VII.13 : classe de réseau principal (Source : catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTTP)

Réseau principale	Trafic (véhicule/jour)
RP1	>1500 V/J
RP2	<1500 V/J

Il s'agit d'une infrastructure autoroutière et le trafic est : TJMA2018 = 15376 V/J est supérieur à 1500 v/j. Donc le réseau principal est RP1.

VII.7.2.3. Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau VII.14 : classe de trafic. Source : catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/S	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Donc notre trafic poids lourds est de : NPL = 2190 PL/j sur la voie la plus chargée.

Alors la classe de trafic est TPL6.

VII.7.2.4. Détermination de la zone climatique et la température équivalente :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves la wilaya de Guelma est classée dans la zone climatique II. Donc la température équivalente est donnée dans le tableau suivant :

Tableau VII.15 : température équivalente

Source : catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

	Zone climatique		
Température équivalente	I & II	III	IV
	20°C	25°C	30°C

VII.7.2.5. Présentation de la classe de portance de sol :

D'après les essais réalisés au laboratoire, on a obtenus des différents CBR avec lesquels on détermine la portance de sol et le module de portance représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.16 : valeur de CBR ainsi que la portance de sol et le module de portance

Source (catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves)

Intervalle	Valeur de CBR	Portance de sol	Module de portance $E=5 \cdot CBR$
PK11+400 – PK11+600	4.53	S4	23
PK11+600 – PK11+800	6.3	S3	32
PK11+800 – PK13+060	6.85	S3	34
PK13+060 – PK13+895	7.76	S3	39
PK13+895 – PK15+560	4.07	S4	20
PK15+560 – PK18+050	5.4	S3	27
PK18+050 – PK18+185	3.1	S4	16
PK18+185 – PK18+960	6.3	S3	32
PK18+960 – PK19+400	5.5	S3	28
PK19+600 – PK20+600	6.8	S3	34
PK20+600 – PK21+400	2.3	S4	12

VII.7.2.6. Sur classement de sol :

Le sol support doit répondre à des conditions de compactages et de trafic de chantier (à court terme) :

-déflexion sous essieu 13 tonne < 2mm.

-module a la plaque E >50 MPa.

Donc il faut surclasser notre sol support avec une couche de forme afin d'avoir une portance plus importante qui suffise, alors on le surclasse a S2.

Le tableau suivant représente les différentes classes de sol en fonction de CBR et l'épaisseur de la couche de forme proposé.

Tableau VII.17 : épaisseur de la couche de forme. Source (catalogue de dimensionnement des chaussées neuves)

Intervalle	Portance de sol	sur classement	Epaisseur de la couche de forme
PK11+400 – PK11+600	S4	S2	60 cm en 2 couches
PK11+600 – PK11+800	S3	S2	40cm en 2 couches
PK11+800 – PK13+060	S3	S2	40cm en 2 couches
PK13+060 – PK13+895	S3	S2	40cm en 2 couches
PK13+895 – PK15+560	S4	S2	60 cm en 2 couches
PK15+560 – PK18+050	S3	S2	40cm en 2 couches
PK18+050 – PK18+185	S4	S2	60 cm en 2 couches
PK18+185 – PK18+960	S3	S2	40cm en 2 couches
PK18+960 – PK19+400	S3	S2	40cm en 2 couches
PK19+600 – PK20+600	S3	S2	40cm en 2 couches
PK20+600 – PK21+400	S4	S2	60 cm en 2 couches

VII.7.2.7. Choix de structure de chaussée :

Les structures de chaussées disponibles dans le catalogue par rapport à notre réseau RP1 sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.18 : structures disponibles dans le catalogue.

Niveau de réseau principal	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités au liant hydraulique)	GL/GL , BCG/GC

Pour notre projet on a choisi une structure GB/GB donc le fascicule 3 de dimensionnement des chaussées neuves nous donne le corps de chaussée suivant :

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

TPLi PL./j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000		8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
3000		8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
1500		6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
600		6 BB 10 GB 10 GB		
300				
150				

Si : Classe de sol support, TPLi : Classe de trafic PL/jour/sens
 BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitume (0/20)
 Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15)

Figure VII.15 : les corps de chaussée proposés par le catalogue et la structure retenu

Source (catalogue de dimensionnement (fascicule 3))

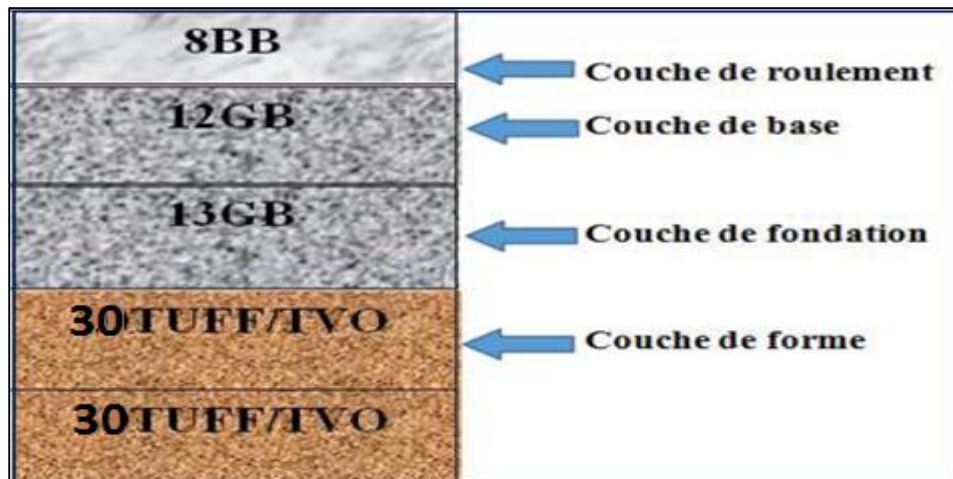


Figure VII.16 : corps de chaussée proposé pour une couche de forme de 60cm (2 couches)

VII.7.2.8. Calcul de trafic poids lourd cumulé :

$$TC_i = (TPL_i \times (1 + i)^n - 1/i) \times 365$$

i : taux d'accroissement.

n : durée de vie 20 ans

$$TC_i = 2190 \times (1 + 0.035)^{20} - 1/0.035 \times 365 = 45.4 \times 10^6 \text{ PL/sens sur la voie la plus chargée}$$

$$TC_i = 45.4 \times 10^6 \text{ PL/sens sur la voie la plus chargée}$$

VII.7.2.9. Calcul de trafic cumulé équivalent :

LE 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 considérée.

$$TCE_i = TC_i \times A$$

A : Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t.

Dans notre projet on a un réseau principale RP1 et on a choisi une chaussée a matériaux traités au bitume (GB/GB) donc : D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (fascicule 2) la valeur de A est : A=0.6.

$$TCE_i = 45.4 \times 10^6 \times 0.6 = 27.24 \times 10^6 \text{ essieu 13 tonnes.}$$

VII.7.2.10. Calcul de la déformation admissible sur le sol support (ξ_z , adm) :

$$\xi_z, \text{ adm} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot (TCE_i)^{-0.235}$$

$$\xi_z, \text{ adm} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot (27.24 \times 10^6)^{-0.235} = 3.94 \times 10^{-4}$$

$$\xi_z, \text{ adm} = 394 \times 10^{-6}$$

VII.7.2.11. Calcul des sollicitations admissibles des matériaux :

Il faudra vérifier que les déformations ϵ_t et ϵ_z de la structure calculées à l'aide d'Alize LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\epsilon_t \text{ adm}$ et $\epsilon_z \text{ adm}$) calculées par la méthode du catalogue.

$$\xi_t, \text{ adm} = \xi_6 (10^\circ, 25\text{Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_{\theta} \cdot k_r \cdot k_c$$

$\xi_6 (10^\circ, 25\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 106cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).

- k_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalent supporté par la chaussée.
- k_{θ} : facteur lié à la température.
- k_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- k_c : coefficient lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.
- b : pente de la droite de fatigue du matériau traité ($b < 0$).
- $E (10^\circ\text{C})$: Module complexe de matériaux bitumineux à 10°C.

- $E(\Theta_{eq})$: Module complexe des matériaux bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique d'étude.
- δ : en fonction de la dispersion.
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction de risque adopté (r%).

La figure suivante représente les performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10°, 25Hz)$ (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

Figure VII.17 : performances mécaniques des matériaux bitumineux

Source (catalogue de dimensionnement des chaussées neuves)

- $K_{ne} = (10^6 / TCE_i)^b = (10^6 / 27.24 * 10^6)^{-0.146} = 1.62$
- $K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$. AN: $K_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$. Donc : $K_{\theta} = 1.34$.
- $K_r = 10^{-tb\delta} = 10^{-(1.645 * -0.146 * 0.61)} = 0.71$

Avec un risque de 5% et b= -0.146 et aussi : $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b} SH)^2}$.

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} 3)^2} \quad \text{donc} \quad \delta = 0.61.$$

- $K_c = 1.3$ donné sur le tableau 13 fascicule 2 du catalogue.

Donc : $\xi_{t, adm} = 100 * 10^{-6} * 1.62 * 1.34 * 0.71 * 1.3 = 2 * 10^{-4}$

$$\xi_{t, adm} = 2 * 10^{-4} = 200 * 10^{-6}.$$

VII.7.3. Vérification avec ALIZE :

On va vérifier les déformations admissibles qu'on a trouvées avec le calcul de catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves avec les résultats trouvé par le logiciel ALIZE.

Il faut que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi_t < \xi_{t, adm} \\ \xi_z < \xi_{z, adm} \end{array} \right.$$

La figure suivante représente les résultats trouvés par ALIZE

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0 collé	0,350	0,000	57,5	0,435	6,7	0,660
			0,080	24,0	0,313	59,3	0,568
0,120	7000,0 collé	0,350	0,080	24,0	0,517	21,4	0,568
			0,200	-20,9	-0,120	36,9	0,191
0,130	7000,0 collé	0,350	0,200	-20,9	-0,120	36,9	0,191
			0,330	-88,6	-0,882	83,9	0,012
0,600	50,0 collé	0,350	0,330	-88,6	0,000	237,0	0,012
			0,930	-107,7	-0,006	173,7	0,005
infini	15,0	0,350	0,930	-107,7	0,000	312,6	0,005

Figure VII.18 : vérification de la structure donnée par catalogue de CTPP

Source (ALIZE LCPC)

D'après ces résultats on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi_t = 107.7 \cdot 10^{-6} < \xi_{t, adm} = 200 \cdot 10^{-6} \\ \xi_z = 312.6 \cdot 10^{-6} < \xi_{z, adm} = 394 \cdot 10^{-6} \end{array} \right.$$

On remarque que les 2 conditions sont vérifiées mais il y a un grand écart. Donc on a pensé à optimiser dans le corps de chaussée en gardant les mêmes matériaux et en réduisant les épaisseurs de couches. Les résultats de la nouvelle structure (8cmBB + 10cm GB + 11 cm GB) sont dans la figure suivante :

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0 collé	0,350	0,000	74,4	0,548	-13,0	0,660
			0,080	28,3	0,349	52,0	0,559
0,100	7000,0 collé	0,350	0,080	28,3	0,581	14,7	0,559
			0,180	-25,7	-0,164	43,1	0,208
0,110	7000,0 collé	0,350	0,180	-25,7	-0,164	43,1	0,208
			0,290	-108,7	-1,070	100,8	0,016
0,600	50,0 collé	0,350	0,290	-108,7	0,001	298,3	0,016
			0,890	-134,5	-0,007	215,0	0,006
infini	15,0	0,350	0,890	-134,5	0,000	384,5	0,006

Figure VII.19 : vérification de la structure après optimisation.

Source (ALIZE LCPC)

Donc :

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi_t = 134.5 \cdot 10^{-6} < \xi_{t, adm} = 200 \cdot 10^{-6} \\ \xi_z = 384.5 \cdot 10^{-6} < \xi_{z, adm} = 394 \cdot 10^{-6} \end{array} \right.$$

On remarque les conditions sont vérifiées et la structure est plus économique donc on retient cette structure.

Assainissement

VIII. Assainissement

VIII.1. Introduction :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désherbage des couches de surface, etc.)

❖ Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

On présente dans ce chapitre les détails de dimensionnement du dispositif arrêté pour l'assainissement de l'ouvrage étudié.

❖ Caractéristiques physiques des bassins versants :

Les caractères physiques d'un bassin sont très nombreux. On s'est attaché à ne retenir que ceux qui pouvaient s'exprimer par un nombre ; ainsi les courbes hypsométriques et les graphiques de profil en long ont-ils été écartés, certains caractères numériques choisis pouvant prétendre apporter une information équivalente.

Remarque : le tableau qui résume les caractéristiques morphologiques des bassins est dans l'annexe.

VIII.2. Etude des crues :

VIII.2.1. Pluies journalières :

La précipitation P_j (%) est obtenue par la formule suivante :

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

- **Pjmoy** : Pluie moyenne journalier. Pjmoy =49.7 mm/j
- **Cv** : Coefficient de variation climatique. Cv = 1.88 mm
- **U** : Variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Tableau VIII.1 : variant de Gauss

Fréquence	50	20	10	2	1
Période de retour	2	5	10	50	100
Variable de Gauss	0.00	0.84	1.28	2.05	2.372

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
 - Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- **Pour une période de retour de 10 ans :**

$$P_j = 23.34 * e^{u.1.23}$$

Pjmoy = 49.7mm/j

Cv = 1.88 => **Pj (10%) =112.61 mm/j**

u = 1.28

- **Pour une période de retour de 50 ans :**

$$P_j = 23.34 * e^{u.1.23}$$

Pjmoy = 49.7mm/j

Cv = 1.88 => **Pj (2%) =290.52 mm/j**

u =2.05

VIII.2.2. Calcul du débit de pointe :

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on suppose d'appliquer les formule suivantes :

- **Formule rationnelle :**

Le calcul du débit par la méthode rationnelle se fait pour les bassins versants qui ont une aire inférieure à 240 ha (**S<240 ha**) afin de déterminer le débit d'apport (**Qa [m³/s]**) par la formule suivante :

$$Q_a = K \times C \times I \times A \quad \text{ou :}$$

- **Qa** : débit d'apport en (**m³/s**).
- **K** : coefficient de conversation des unités **K = 0. 278** (d'après SETRA).

- **C** : coefficient de ruissellement.
- **i** : intensité des pluies maximales en (mm/h) pour une durée t prise égale au temps de concentration Tc.
- **A** : superficie du bassin versant en (km²).
 - **La formule de MANNING –STRIKLER :**

Le débit de saturation est donné par la formule qui suit (MANNING-STRIKLER) :

$$Q_s = Kst \times Rh^{2/3} \times \sqrt{I} \times S \quad \text{Avec :}$$

- **Qs** : débit de saturation en (m³/s).
- **Kst** : coefficient de STRICKLER qui dépend des parois de l'ouvrage.
- **Rh** : rayon hydraulique $Rh = Sm/Pm$ en (m).
- **I** : la pente moyenne de l'ouvrage.
- **S** : section mouillée de l'ouvrage en (m).

❖ **Coefficient de ruissellement :**

C'est le rapport entre le volume de l'eau qui ruisselle sur une surface, et le volume totale qui tombe sur la même surface. Elle est choisi par le tableau suivant :

Tableau VIII.2 : Les coefficients de ruissellement (Source cours hydraulique de L'ENSTP).

Nature du bassin versant	Route avec revêtement	Accotement	Talus	Terrain naturel
Coefficient de ruissellement (C)	0.95	0.4	0.3	0.2

VIII.2.3. Calcul de l'intensité de l'averse :

La valeur de l'intensité de l'averse est donnée par la formule suivante :

$$It = I \times \left(\frac{tc}{24}\right)^\beta ; I = \frac{Pj}{24}$$

- $\beta = b - 1$
- **It** : intensité de la pluie de durée t en heure (mm/h).
- **I** : intensité de la pluie d'une (1) heure de durée (mm/h).
- **Pj** : la précipitation journalière moyenne de la pluie.
- **tc** : temps de concentration (heures).

❖ **Calcul de l'intensité pendant I une heure**

$$I(10\%) = \frac{Pj(10\%)}{24} \Rightarrow I(10\%) = \frac{112.61}{24} = 4.70 \text{ mm/h}$$

$$I(2\%) = \frac{Pj(2\%)}{24} \Rightarrow I(2\%) = \frac{290.52}{24} = 12.105 \text{ mm/h}$$

VIII.2.3.1. Temps de concentration :

Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme celles de **Ventura**, **Passini**, **Giandotti**, chacune ayant propre domaine de validité d'application :

❖ Méthode de petits bassins

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \text{pour } A < 5 \text{ km}^2.$$

- **T_c** : en minute.
- **A** : surface du bassin versant en (**km²**).
- **P** : pente moyenne en %.

❖ Méthode de Ventura

$$t_c = 7.62 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \text{pour } A > 10 \text{ km}^2.$$

- **T_c** : en minute.
- **A** : surface du bassin versant en (**km²**).
- **P** : pente moyenne en %.

❖ Méthode de Passini

$$t_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \quad \text{pour } 5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2.$$

- **t_c** : en heures.
- **A** : surface du bassin versant en (**km²**).
- **P** : pente moyenne.
- **L** : longueur de talweg principal en **km**.

❖ Méthode de Giandotti

$$t_c = \frac{1.5 \times l + 4 \times \sqrt{A}}{0.8 \times \sqrt{H}}$$

- Exemple de calcul

Dans cet exemple on va traiter le bassin versant N°01 :

Tableau VIII.3 : caractéristiques du bassin versant N°01.

Bassin versant	Surface (km ²)	Longueur (km)	Pente moy (%)
BV 1	0.731	1.522	12.72

La surface du **BV** est inférieure à **5km²**, donc on va utiliser la formule de petits bassins.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.731}{0.1272}} = 0.304 \text{ h .}$$

➤ l'intensité de l'averse :

$$It (10\%) = 4.70 \times \left(\frac{0.304}{24}\right)^{-0.37} = 23.58 \text{ mm/h}$$

$$It (2\%) = 12.105 \times \left(\frac{0.304}{24}\right)^{-0.37} = 60.95 \text{ mm/h} \quad / \beta = b - 1.$$

Avec : Pour la région de Guelma, on a : **b** = 0.63

Et le coefficient «a» se varié en fonction de la période de retour **T** :

Tableau VIII.4 : Variation de coefficient a (Source : ANRH année 2016).

Période de retour T	2	5	10	20	50	100
Coefficient a	14.3	19.9	23.7	27.2	31.9	35.3

Le calcul est le même pour les autres bassins versants, sauf les temps de concentration du BV N°16, N°17, N°18 N°23 et N°24 sont calculés par la formule de **Passini**.

Remarque :

Les résultats sont résumés dans un tableau dans l'annexe.

VIII.2.4. Calcul de débit

On va calculer le débit d'apport en utilisant la méthode rationnelle : $Qa = K \times C \times I \times A$.
On prend le même exemple précédent (BV1) pour un exemple de calcul.

- **It (10%) = 23.65 mm/h.**
- **It (2%) =60.81 mm/h.**
- **A =0.731 km².**
- **P = 12.71 %.**
- **C = C1 + C2 + C3 .**

Avec :

C1 : dépend de la pente moyenne du talweg

Tableau VIII.5 : Valeurs de coefficient **C1**.

Intervalle de la pente	C1
P<3.5%	0.01-0.03-0.05
3.5%<P<11%	0.06-0.08-0.10
11%<P<35%	0.12-0.16-0.20
35%<P	0.22-0.26-0.30

La pente moyenne du talweg du **BV1** est **P=12.71%** donc on prend **C1=0.12**.

C2 : dépend de perméabilité du sol.

Tableau VIII.6 : Valeurs du coefficient **C2**.

Degré de perméabilité du sol	C2
Imperméable	0.22-0.26-0.30
Peu perméable	0.10-0.15-0.20
Perméable	0.10-0.15-0.20

Très perméable	0.03-0.04-0.05
----------------	----------------

Le sol est peu imperméable, donc on prend **C2=0.15**.

C3 : dépend de la nature de la couverture du bassin versant.

Tableau VIII.7 : Valeurs du coefficient C3

Nature de couverture	C3
Sol rocheux	0.22-0.26-0.30
Prairie	0.17-0.21-0.25
Labours-champs	0.07-0.11-0.15
Forêt et territoire sableux	0.03-0.04-0.05

On a des tamaris au niveau du BV1, donc on prend **C3 = 0.26**.

Donc : **C=C1+C2+C3=0.12+0.15+0.26=0.53**

Qa (10%) = 0.278 × 0.53 × 23.65 × 0.731 = 2.55 m³/s

Qa (2%) = 0.278 × 0.53 × 60.81 × 0.731 = 6.55 m³/s

Remarque :

Le tableau qui résume les débits d'averse des bassins versants est dans l'annexe

VIII.3. Dimensionnement des fossés :

La section qu'on a choisie pour les fossés est trapézoïdale pour les raisons suivantes

- La simplicité de mise en œuvre
- Optimisation de la section (circonscrit par un cercle)
- Compatibilité avec les équipements de nettoyage

Le dimensionnement des fossés sera fait dans le cas le plus défavorable, entre PK 2+775 et PK 3+650 de longueur de 203.5 m et une pente de 0.5%.

La surface du bassin versant considérée est de la somme de celle de chaussée, talus et de l'accotement.

- Surface de chaussée $A_{chaussée} = 10.5 \times 203.5 \times 10^{-6} = 0.214 \text{ ha}$
- Surface d'accotement $A_{accotement} = 3.5 \times 203.5 \times 10^{-6} = 0.712 \text{ ha}$
- Surface de talus
 - La hauteur de talus est **20 m**
 - La pente de talus est **50%**
 - Donc la largeur de talus est **35 m** Alors la surface de talus

$$A_{\text{talus}} = 35 \times 203.5 \times 10^{-6} = 7.12 \text{ ha}$$

VIII.3.1. Calcul de débit d'apport :

$$Q_a = K \times C \times i \times A$$

❖ Le débit apporté par la chaussée

- $C = 0.95$
- $P = 2.5\%$
- $I(10\%) = 4.7 \text{ mm/h}$
- $A_{\text{chaussée}} = 0.214 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.00214}{0.025}} = 0.037 \text{ h}$$

$$I_t(10\%) = 4.7 \times \left(\frac{0.037}{24}\right)^{-0.37} = 51.58 \text{ mm/h}$$

$$Q_{\text{chaussée}} = 0.278 \times 0.95 \times 0.00214 \times 51.58 = 0.029 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Le débit apporté par l'accotement

- $C = 0.95$
- $P = 4\%$
- $I(10\%) = 4.7 \text{ mm/h}$
- $A_{\text{accotement}} = 0.712 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.00712}{0.04}} = 0.053 \text{ h}$$

$$I_t(10\%) = 4.7 \times \left(\frac{0.053}{24}\right)^{-0.37} = 45.16 \text{ mm/h}$$

$$Q_{\text{accotement}} = 0.278 \times 0.95 \times 0.00712 \times 45.16 = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Le débit apporté par le talus

- $C = 0.3$
- $P = 50\%$
- $I(10\%) = 4.7 \text{ mm/h}$
- $A_{\text{talus}} = 0.712 \text{ ha}$

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0712}{0.5}} = 0.047 \text{ h}$$

$$It (10\%) = 4.7 \times \left(\frac{0.047}{24}\right)^{-0.37} = 47.21 \text{ mm/h}$$

$$Q_{\text{talus}} = 0.278 \times 0.3 \times 0.0712 \times 47.21 = 0.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = Q_{\text{chaussée}} + Q_{\text{accotement}} + Q_{\text{talus}} = 0.28 + 0.085 + 0.029 = 0.394 \text{ m}^3/\text{s}$$

VIII.3.2. Calcul de débit de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING-STRICKLER :

$$Q_s = K_{st} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \times S$$

Avec :

- **I** : la pente de l'ouvrage 0.5%
- **K_{st}** : coefficient de rugosité **K_{st} = 60** (béton rugueux)
- **R_h** : rayon hydraulique
- **S_m** : section mouillée de l'ouvrage

La figure suivante montre la section transversale du fossé

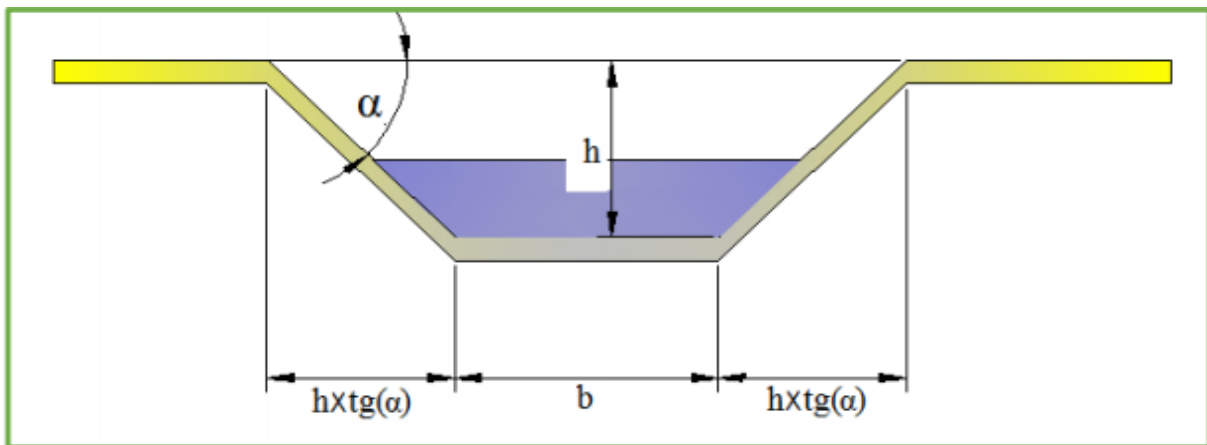


Figure VIII.1 : schéma d'un fossé trapézoïdal

Pour calculer la hauteur du fossé **h**, on fixe la largeur du base **b=0.5m** et **tg(α)=1**

- $S_m = h \times (b + h)$
- $P_m = b + 2h \times \sqrt{2}$
- $R_h = S_m / P_m$

$$Q_s = K_{st} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \times S = K_{st} \times h \times (b + h) \times \sqrt{I} \times \left(\frac{h \times (b + h)}{b + 2h \times \sqrt{2}}\right)^{2/3} > Q_a$$

$$Q_s = 60 \times h \times (0.5 + h) \times \sqrt{0.01} \times \left(\frac{h \times (0.5 + h)}{0.5 + 2h \times \sqrt{2}}\right)^{2/3} > Q_a$$

Les résultats obtenus par itérations sont résumés dans ce tableau

Tableau VIII.8 : résultats d'itérations

Ks	I%	Tg(a)	B	h	Sm	Pm	Rh	Qs	Qa	Condition Qs>Qa
60	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1.91	0.26	1.22	0.394	Oui
			0.5	0.4	0.36	1.63	0.22	0.72		Oui
			0.5	0.3	0.24	1.34	0.18	0.38		Non

Donc la conception retenue est : **h = 0.4m ; b = 0.5m**

VIII.4. Dimensionnement des buses

La méthode de calcul consiste à vérifier la capacité d'évacuation du débit d'apport pour une période de retour T=50ans, utilisant l'égalité suivante :

$$Qa (50 \text{ ans})=Qs$$

En utilisant la formule de MANNING-STRICKLER pour un coefficient **Ks = 80** (buse en béton préfabriqué) et pour une pente de l'ouvrage **I = 1%** on obtient l'équation qui détermine le diamètre

$$\phi=2 \times \left(\frac{2^{2/3} \times Qa}{\pi \times Ks \times \sqrt{I}} \right)^{3/8}$$

VIII.4.1. Calcul de débit

Le débit d'apport de dimensionnement des buses est la somme des débits de fossé et de bassin versant.

- Exemple de calcul

Pour le bassin versant BV1 on a :

- **Qa_{BV1}=6.561**
- **Q_{afossé}=0.394**
- **Qa= Qa_{BV1}+ Q_{afossé}=6.561+0.394=6.955 m³/s**

$$\phi=2 \times \left(\frac{2^{2/3} \times 6.955}{3.14 \times 80 \times \sqrt{0.01}} \right)^{3/8}=1.46 \text{ m}$$

Une fois le diamètre est calculé, on adopta la buse commerciale **Ø500, Ø800, Ø1000, Ø1200, Ø1500**.

Pour l'exemple précédent (BV1) on prend une buse de **Ø1500**.

Remarque :

Les autres résultats sont présentés dans un tableau dans l'annexe

VIII.4.1.1. Vérification de l'auto-curage

Chaque buse doit répondre aux conditions suivantes :

- $VPS < 4 \text{ m/s}$
- $V > 0.6 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.1 \times Qps$
- $V > 0.3 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.01 \times Qps$

• Exemple de calcul

Pour BV1, $\varnothing 1200$ donc $R=0.6\text{m}$

- Vérification de la condition $VPS < 4 \text{ m/s}$

$$Qps = Kst \times Rh^{2/3} \times \sqrt{I} \times S = 80 \times \frac{0.6^{(2/3)}}{2} \times \sqrt{0.01} \times 3.14 \times 0.6^2 = 4.05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vps = Qps / Sm = \frac{4.05}{3.14 \times 0.6^2} = 3.58 \text{ m/s}$$

$Vps = 3.58 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$. Donc cette condition est vérifiée.

- Vérification de $V > 0.6 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.1 \times Qps$

On a $V = 0.64 \cdot Vps = 0.64 \times 3.58 = 2.29 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$

- Vérification de $V > 0.3 \text{ m/s}$ pour $Q = 0.01 \times Qps$

On a $V = 0.32 \cdot Vps = 0.32 \times 3.58 = 1.15 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$

Remarque :

Le tableau qui englobe les vérifications pour tous les bassins versants est dans l'annexe.

• **La méthode de réalisation des buses :**

La figure suivante montre les couches où la buse se pose

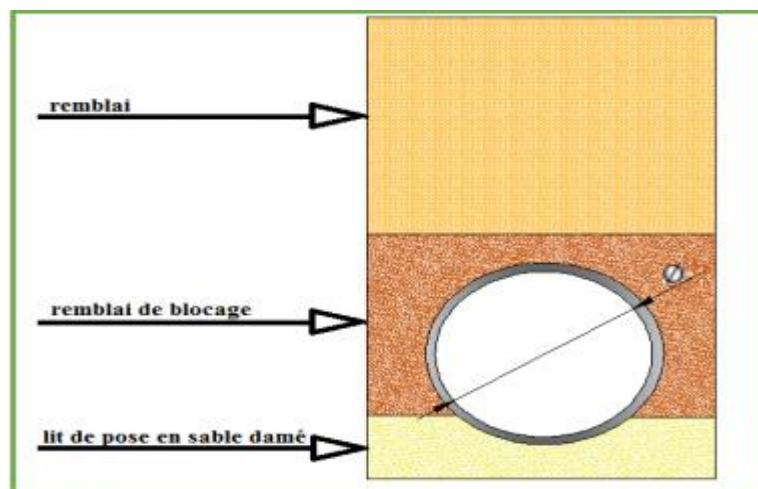


Figure VIII.2 : méthode de réalisation des buses.

VIII.5. Dimensionnement des dalots

Le dimensionnement des dalots se fait pour les bassins versants qui ont $Q_a > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ avec Q_a , pour ce projet, on va prendre le bassin versant BV pour un exemple de calcul.

VIII.5.1. Calcul des dimensions de dalot

Les dimensions de dalots vont être calculées comme pour le cas de fossé, Sauf qu'on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot

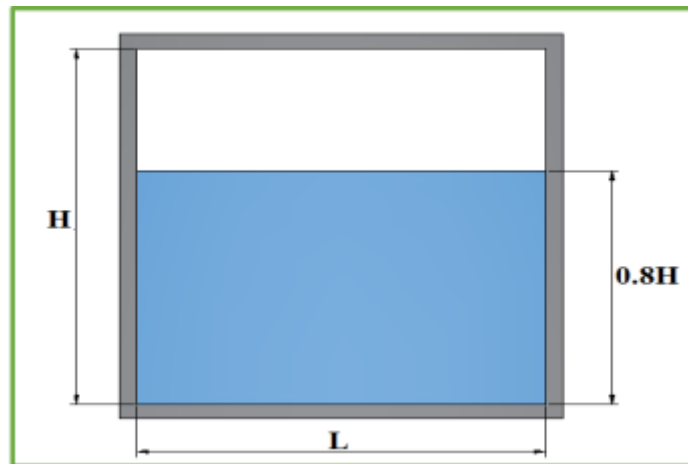


Figure VIII.3 : Schéma d'un dalot

On fixe la hauteur de remplissage du dalot à $0.8H$

- Le débit d'apport Q_a (50 ans) BV16 + Q_a fossé = $32.425 + 0.394 = 32.819$
- Calcul de débit de saturation

$$Q_s = K_{st} \times R_h^{2/3} \times \sqrt{I} \times S$$

Avec

- $K_{st} = 70$ (béton moyennement lisse).
- $S_m = 0.8HL$
- $P_m = 1.6H + L$
- $R_h = S_m/P_m$
- $I = 1\%$

Donc l'équation de MANNING-STRICKLER devient comme suit :

$$Q_s = Q_a = 70 \times 0.8HL \times \sqrt{0.01} \times \left(\frac{0.8HL}{1.6H + L} \right)^{2/3} = 32.819 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau VIII.9 : résultats d'itérations.

L(m)	H(m)	Sm(m ²)	Pm(m)	Rh	Qs(m ³ /s)	Qa(m ³ /s)	Qs>Qa
2.5	3.5	7	8.1	0.86	44.46	32.82	Oui
	3	6	7.3	0.82	36.85		Oui
	2.5	5	6.5	0.77	29.38		Non

• Vérification de **H** calculé La hauteur calculée doit vérifier la condition **H** critique < **H** calculé.

• **H** calculé = 3m

• $H_{critique} = \sqrt[3]{\left(\frac{Qa^2}{Kst \times 3.14 \times \sqrt{I}}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{32.82^2}{70 \times 3.14 \times \sqrt{0.01}}\right)} = 3.65 \text{ m} > 3$ donc elle ne vérifie pas

Dans ce cas, on va prendre **H = 3.75 m**. Donc, on va prendre un dalot d'une hauteur **H = 3.75 m** et d'une largeur **L = 2.5 m**.

Le reste des résultats de dimensionnement des dalots sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.10 : dimensions des dalots

N° bassin	Qa (m ³ /s)	H calculé (m)	LxH
16	32.82	3.75	2.5x3.75
17	29.918	3	2.5x3
18	22.918	2.5	2.5x2.5
20	20.284	2	2.5x2
23	44.608	3.5	2.5x3.5
24	125.268	2.5	8x2.5

Echangeur et rétablissement de la RN21

IX. Echangeur et rétablissement de la RN21

Dans le présent chapitre, on va proposer une conception de l'échangeur qui joint la pénétrante de Guelma avec la RN 21, ces dimensions géométriques se basent sur les normes de l'ICTAAL édition 2000 et Les échangeurs sur routes de type « Autoroute » (ICTAAL échangeur).

IX.1. Echangeur :

IX.1.1.Introduction :

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de le quitter soit pour prendre une autre autoroute ou pour emprunter le réseau routier ordinaire.

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- **Ouvrages d'art** : (Passage supérieur ou inférieur) : Le nombre d'ouvrages d'art (ponts) est déterminé relativement avec le type d'échangeur choisi, et les instructions règlementaires de conception...
- **Carrefour (s) plan(s)** : On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements d'autoroute avec route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de commodité de leur utilisation.
- **Bretelles** : Ce sont les voies qui détachent de l'autoroute et se raccorde vers une autre branche d'une route du côté droite de la chaussée considérée, elle se commence par une voie de décélération et se termine par une voie d'accélération.

IX.1.2.Rôle d'un échangeur :

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux routiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout on évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps.

IX.1.3.Les différents types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la catégorie de l'autoroute ; caractères et composition du trafic, la vitesse désignée et le degré de maîtrise d'accès.

Il existe 2 types essentiels d'échangeurs :

- **Echangeur majeur** : c'est un raccordement entre des autoroutes.
- **Echangeur mineur** : c'est un raccordement entre autoroute et route ordinaire.

IX.1.3.1. Echangeur majeur :

L'échangeur majeur raccorde autoroute et autoroute sans qu'il y a cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.

- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

IX.1.3.2. Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement sont :

- **Losange** : Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics. d'échange.
- **Demi-trèfle** : Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.
- **Trompette** : Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :
Alignement droit commun à toutes les bretelles.
Une boucle « entrée ou sortie ».
Une diagonale de sortie.

La figure suivante représente les différents types d'échangeurs :

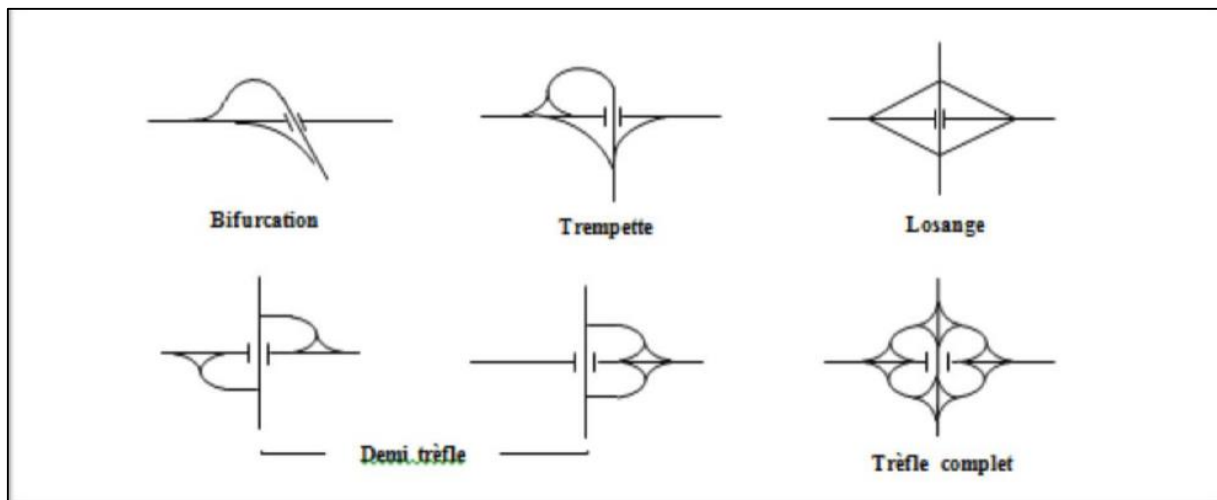


Figure IX.1 : différents types d'échangeurs.

IX.1.4. Règles de conception :

La conception est l'étape la plus importante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages distribués à moyen et long terme, et pour diminuer son prix de revient, tout en évitant :

- Passage sur terrain agricole.
- Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.
- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.

- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

IX.1.5. Conception de l'échangeur

IX.1.5.1. Choix et implantation de l'échangeur :

L'emplacement de cet échangeur est au Pk 18+200 sur le tracé de la pénétrante. Le design est une typologie diamant avec 2 giratoires (lunette avec 2 giratoire et des bretelles en losange), qui permet la continuité de l'actuelle RN21 en la faisant rétablir, en plus de donner accès par le sud au village de Nechmaya.

La figure suivante montre la conception de l'échangeur qu'on a choisi :

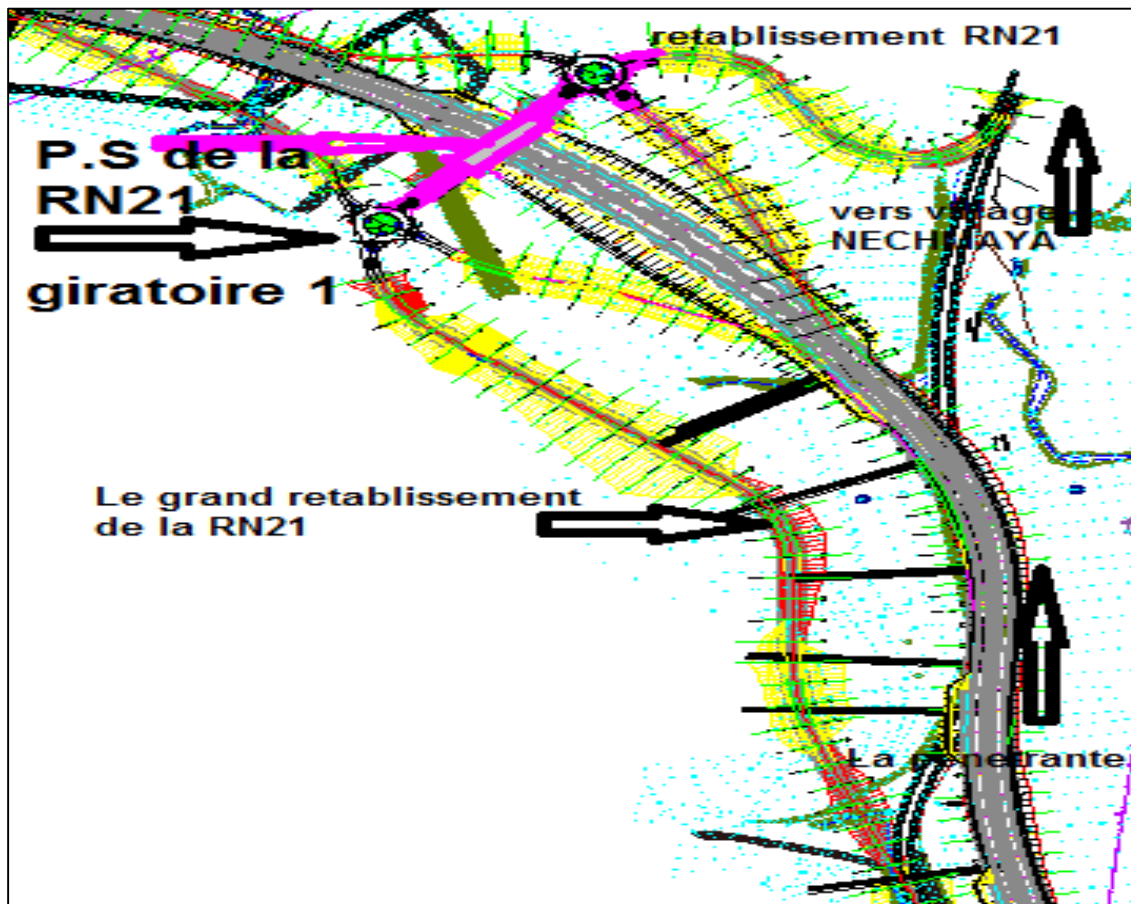


Figure IX.2 : conception de l'échangeur.

IX.1.5.2. Tracé en plan :

❖ Tracé en plan d'une bretelle :

D'après l'ICTAAL, un rayon en plan est mesuré par rapport au bord intérieur de la chaussée.

Le rayon minimal est de 40 m. Mais, à l'exception des boucles, le rayon de la première courbe rencontrée en sortie doit être au moins de 100 m. En boucle, il n'est pas conseillé de recourir à des rayons excédant 60 m. Le rayon minimal non déversé (Rnd) est de 300 m.

Les valeurs limites du tracé en plan proposés sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX.1 : Valeur limites du tracé en plan d'une bretelle. Source(ICTAAL)

Élément	Valeur limite proposé	Remarque
Type de bretelle	1x1 voie	
Rayon minimal (Rm)	40m	100m au rayon de la première courbe d'une sortie
Rayon maximal d'une boucle (Rmd)	60m	Possibilité de réduire jusqu'à 30m aux points particulier
Rayon minimal non déversé(Rnd)	300m	
Dévers maximal en courbe	7.0%	

❖ Enchaînement des éléments du tracé en plan :

D'après l'ICTAAL, Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes. Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées.

❖ Raccordement progressif :

D'après l'ICTAAL, Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$ et $|7\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés. Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'utilisateur.

IX.1.5.3. Zone d'accélération et de décélération :

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

❖ La zone de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs. Le dispositif de sortie comporte successivement (figure 1) : une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m ; une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de $1,5 \text{ m/s}^2$.

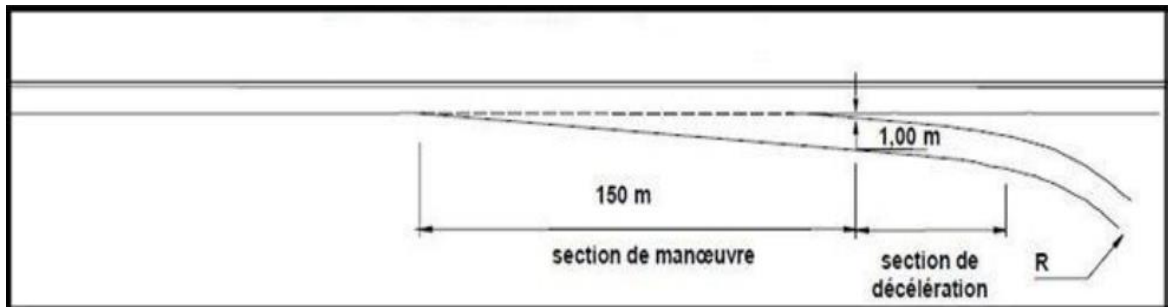


Figure IX.3 : zone de décélération

❖ La zone d'accélération :

Le dispositif d'entrée comprend successivement (figure2) :

Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s²; Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ; Un biseau long de 75 m.

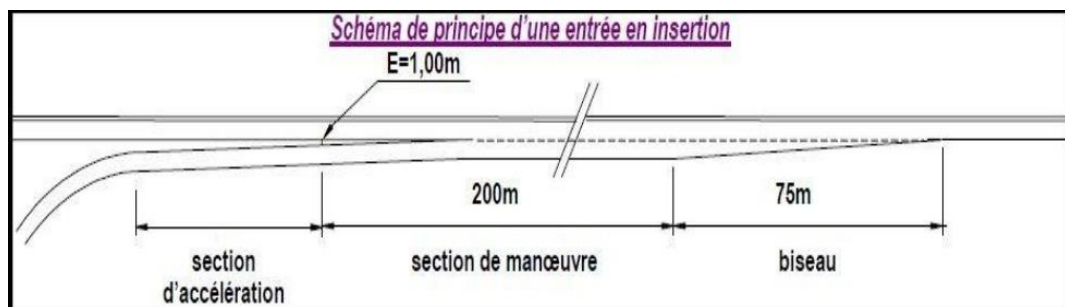


Figure IX.4 : La zone d'accélération

Le tableau suivant représente Les valeurs limites de la voie de changement de vitesse servant à la liaison entre la section courante et la bretelle :

Tableau IX.2 : Valeurs limites de la voie de changement de vitesse

Élément		Valeur limite proposé
Voie d'accélération	Section d'accélération (m)	Selon les rayons de courbure
	Section de manœuvre (en m)	200m
	Biseau	75m
Voie de décélération	Section de manœuvre (en m)	150m
	Section de décélération	Selon les rayons de courbure

IX.1.5.4. Profil en long d'une bretelle :

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

Tableau IX.3 : Valeurs limites des paramètres de profile en long

déclivité maximale	6%
rayon minimal en angle saillant	1500
rayon minimal en angle rentrant	800

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

IX.1.5.5. Profil en travers d'une bretelle :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.

Les largeurs des composantes du profil en travers sont les suivantes :

Tableau IX.4 : Valeurs limites des paramètres de profile en travers

Chaussée	Unidirectionnel	3.5 m
	Bidirectionnel	7.0 m
B.D.D		1.0 m
B.D.G		0.5 m

IX.1.5.6. Pente transversal d'une bretelle :

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau IX.5 : Valeurs des pentes transversales d'une bretelle

Elément	d_{max}	d_{min}	Orientation
Chaussée	2%	7%	<ul style="list-style-type: none"> • Courbes non déversées, orientée vers la droite. • Courbes déversées, la pente varie linéairement en fonction de 1/R. • Pour R<100 m les divers reste 7%.
B.D.G	Identique à la chaussée adjacente		
B.D.D	Identique à la chaussée adjacente		

IX.1.5.7. Visibilité sur l'entrée de l'autoroute :

La visibilité sur l'entrée de l'autoroute est au moins égale à la distance d'arrêt.

La distance d'arrêt (da) est la somme de la distance de freinage dans les conditions conventionnelles de l'état des pneus et chaussée mouillée, et la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction (2 secondes).

$$da = V^2 / 2g (\gamma + p) + 2V$$

Telle que :

- V en m/s ;
- $\gamma(v)$: décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V
- p : la déclivité, en valeur algébrique.

D'après l'ICTAAL échangeur, $da = 195m$ pour la vitesse de 110 km/h.

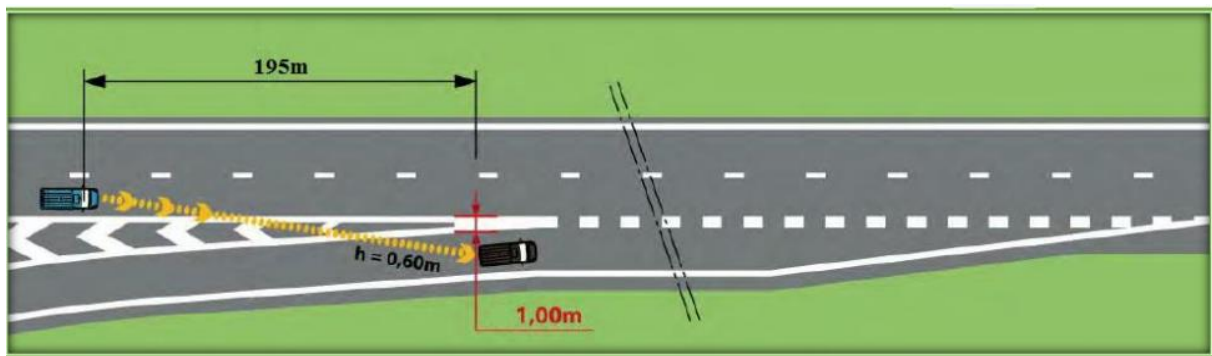


Figure IX.5 : distance de visibilité sur l'entrée

IX.1.5.8. Visibilité sur la sortie de l'autoroute :

La distance de manœuvre en sortie (dms) correspond à la distance parcourue durant 6 secondes $dms = 6V$.

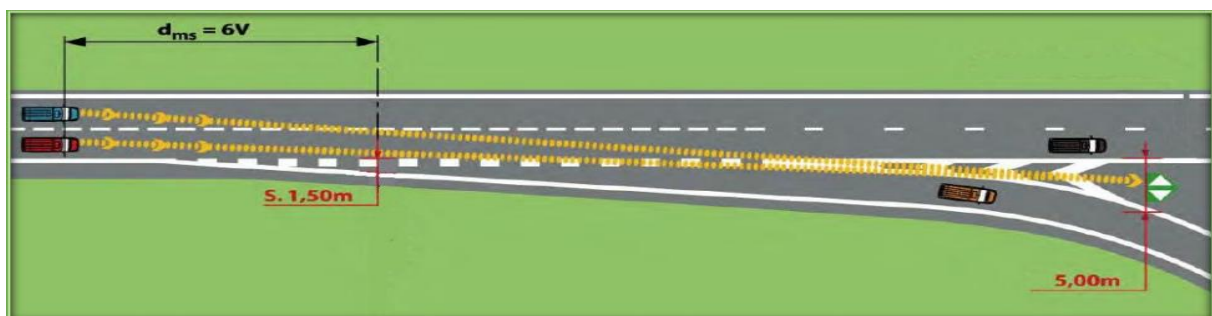


Figure IX.6 : visibilité sur la sortie

Remarque : Les caractéristiques du giratoire sont jointes dans l'annexe.

IX.2. Rétablissement de la Route Nationale :

pour avoir un bon tracé de notre axe de la pénétrante qui répond aux normes, ainsi pour éviter des grandes quantités de terrassement (déblai et remblai) qui influent sur le facteur économique, on a pensé à faire un rétablissement de la RN21 car le tracé de notre pénétrante coupe cette dernière 2 fois, Le 1^{er} rétablissement qu'on a fait est d'une longueur de près de 1 km (du PK14+100 au PK14+800) là où il y'aura un passage supérieur de la RN21 sur notre pénétrante.

Le 2^{eme} rétablissement est au niveau de l'échangeur est fait sur les 2 côtés de la pénétrante pour assurer tous les échanges possibles entre la pénétrante et la RN21 et le village de Nechmaya. Il débute à l'entrée du giratoire pour reprendre l'ancienne RN21 près du PK17+325 sur un linéaire près de 5 km.

Les figures suivantes montrent les rétablissements effectués :

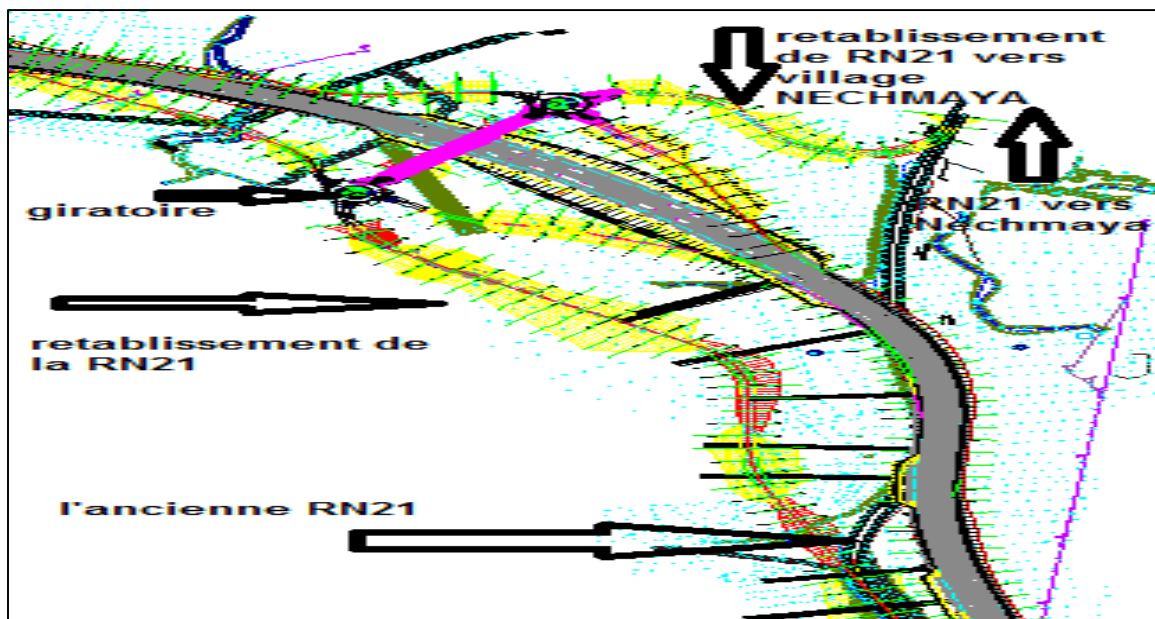


Figure IX.7 : rétablissement de RN21 au niveau de l'échangeur.

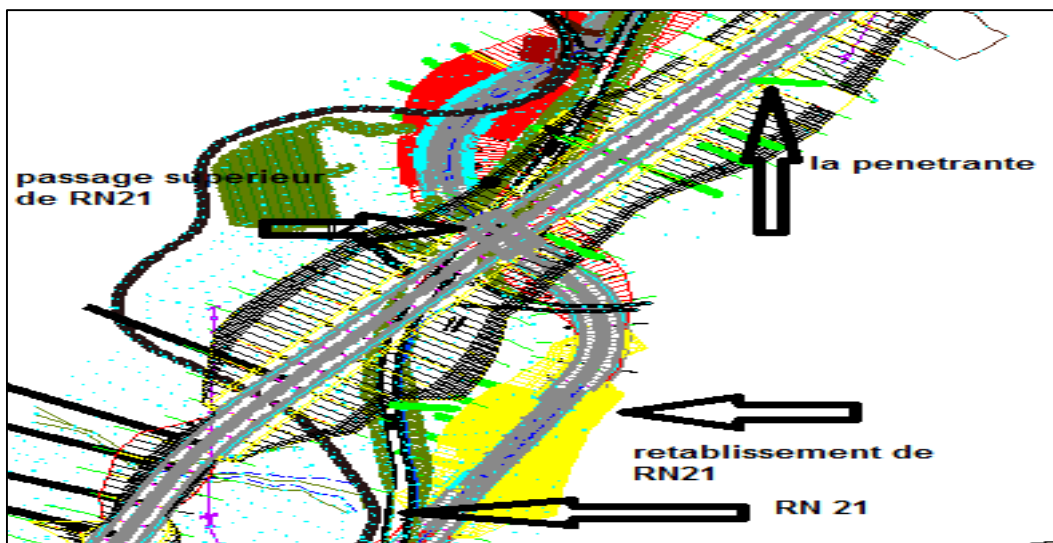


Figure IX.8 : rétablissement de la RN21

**Etude d'impact sur
l'environnement**

X. Etude d'impact sur l'environnement

X.1. Introduction

L'évolution du transport routier et les nuisances qui génèrent est devenu aujourd'hui une préoccupation majeure pour tout concepteur, constructeur ou exploitateur d'une infrastructure routière. Tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement, qui est une étude détaillée à caractère analytique et prospectif aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences d'un projet sur l'environnement.

X.2. Cadre juridique :

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret N° 90-78 du 27 février 1990, montrant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement

X.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement :

L'étude d'impact sur l'environnement permet de mesurer les effets du projet sur l'environnement et de proposer des mesures d'atténuation adéquates pour réduire, supprimer et si possible, compenser les effets nocifs sur l'environnement et la santé. Elle a pour objectif :

- D'insérer le projet dans l'environnement bâti et de préserver les conditions de vie de riverains.
- De sauvegarder le patrimoine religieux, culturel, architectural et archéologique de la zone d'étude.
- De préserver les conditions de vie des générations futures.
- De définir les incidences du projet et surtout les principes de mesures envisagées pour réduire, supprimer, voire compenser les conséquences dommageables du projet.

X.4. Principale composante de l'étude d'impact sur l'environnement :

X.4.1. Délimitation de la zone d'étude :

Le projet est situé dans la wilaya de Guelma, qui est une ville de l'est algérien situé à 64 km de la wilaya d'Annaba et qui s'étend sur une superficie totale de 4101 km² et d'altitude de près de 290 mètres. Le projet est situé dans relief montagneux difficile.

X.4.2. Identification des impacts du projet :

X.4.2.1. Impacts positifs du projet :

- L'amélioration de la sécurité routière : le transfert de trafic des routes nationales vers des autoroutes qui présentent de meilleures caractéristiques géométriques moins accidentelles implique sûrement l'amélioration de la sécurité routière.

- L'amélioration des conditions de circulation : surtout la réduction des nuisances (pollution de l'air et bruit) du fait du report d'une partie du trafic des routes nationales vers l'autoroute et la mise en fonctionnement de ses voies de contournement des principales villes.
- Le développement du réseau routier de la wilaya de Guelma.

X.4.2.2. Impacts Positifs indirects :

- La création de nouveaux emplois : L'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute) ;
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

X.4.2.3. Impacts négatifs du projet :

Les principaux impacts négatifs potentiels du projet les plus significatifs concernent :

- Les risques de pollution des oueds et points d'eau situés à proximité du projet.
- Les coupures temporaires des réseaux (routes, eau, électricité, voie ferrée,...)
- Les impacts négatifs sur l'agriculture,
- La destruction des populations végétales situées au droit de l'emprise.
- La fragmentation des habitats d'espèces animales et la coupure d'axes de déplacement, notamment pour les mammifères et les amphibiens.
- Les Nuisances liées à la circulation des véhicules (bruit, pollution...), etc.



Figure X.1 : L'agriculture à la zone de projet (date de sortie 27/03/2018)

De façon plus détaillée, on distingue dans ce tableau les impacts en phase travaux et ceux intervenant en phase exploitation.

Tableau X.1 : Impacts négatifs du projet en phase de travaux et en phase d'exploitation

	Phase travaux	Phase d'exploitation
Milieu physique	<ul style="list-style-type: none"> - les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air. - les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés 	<ul style="list-style-type: none"> - Risques d'érosion le long des talus de la nouvelle infrastructure. - Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou

	<ul style="list-style-type: none"> - le risque de dégradation de sols due à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers. - les risques de pollution de ces milieux due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier (logements et bureaux). 	<p>de pollution accidentelle,</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, <p>augmentation des risques d'inondation.</p>
Milieu naturel	<ul style="list-style-type: none"> - Fléchissement local de populations végétales dues aux travaux de défrichement et décapage. - Fléchissement local de populations animales par perte d'une partie de leur habitat ou de territoire ayant des fonctions écologiques spécifiques (gagnage, reproduction, abris, etc.) ; - Nuisances liées à la circulation des véhicules (augmentation de la mortalité par collision) et des engins de chantier, au bruit, à l'émission de poussières et de polluants, - Perturbations liées à l'introduction d'une barrière terrestre, - Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces, - Augmentation des Risques d'incendie. 	<ul style="list-style-type: none"> - La fragmentation des habitats et à la coupure d'axes de déplacement, notamment pour les mammifères et les amphibiens. - L'augmentation du risque de mortalité par collision avec les véhicules - Le dérangement de la faune : nuisances liées à la circulation des véhicules - La dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces.
Milieu humain	<p>Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux portent sur l'expropriation des biens (bâti, équipements agricoles et terrains), ainsi que des nuisances générées par la réalisation des travaux (terrassements, transports de matériaux etc...) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité - Les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des riverains et des ouvriers. - La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents. - Plusieurs servitudes d'utilité publique seront traversées par l'axe de l'autoroute (routes, pistes, lignes électriques...). Ces franchissements se traduisent par de nombreux impacts temporaires 	<p>-Lors de la phase exploitation, les impacts négatifs pour le milieu humain concerneront principalement les nuisances sonores dues au trafic.</p>

	lors de la réalisation des travaux (coupures d'électricité, de téléphone...).	
	- Impact visuel des chantiers et des bases vie.	
Patrimoine et Paysage	-La mise à nu de vestiges archéologiques d'intérêt variable qui témoigne de l'ancienneté de l'occupation humaine des territoires traversés.	-Le principal impact du projet sur le paysage en phase d'exploitation est lié à l'impact visuel.

X.5. Les mesures de compensation et d'atténuation :

Les mesures de compensation et d'atténuation concernant l'ensemble des impacts sur les différents milieux (physique, biologique, humain et paysagère) se distinguent en celles en phase travaux et celles en phase exploitation.

X.5.1. Mesures pour la protection de l'atmosphère :

Pour limiter les impacts en matière de pollution de l'air, de l'eau, du sol, du bruit des engins de chantier et perturbation de la circulation locale à la mise en application de ces mesures qui doivent s'accomplir dans le respect de l'environnement, les recommandations suivantes sont établies :

- Respecter la réglementation en matière de bruit des engins de chantier ;
- Limiter la circulation des engins de travaux publics uniquement dans les emprises du projet
- Respecter des horaires de chantier : notamment, les travaux seront réalisés de jour (6 h à 22 h), sauf cas particulier (impératif technique, retard...).
- Arroser des pistes, pour limiter les envols de poussières ;
- Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort ;
- Limiter la vitesse de circulation des engins à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière
- Limiter les défrichements et le décapage aux zones strictement nécessaires
- Végétaliser rapidement les surfaces terrassées.

X.5.2. Mesures pour la protection des sols :

Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- Optimiser au mieux possible les décapages des sols ;
- Dessiner les talus avec une pente de 3H : 2V ou inférieur, évitant ceux supérieurs à 1H : 1V pour favoriser la stabilité des talus.
- Optimiser les quantités « déblais / remblais » en utilisant au maximum possible les matériaux des déblais pour les secteurs en remblais et utiliser les carrières abandonnées / zones dégradés situées à proximité de l'autoroute pour le dépôt des matériaux excédentaires.
- Décapage de la terre végétale avant les travaux de terrassement ; si les terres végétales décapées ne sont pas utilisées immédiatement, on devra les stocker.
- Revêtement des talus pour éviter l'érosion à partir de matériaux de décapage (terres végétales) de 0,30 m d'épaisseur pour favoriser aussi la végétalisation.
- Végétaliser les pentes afin de stabiliser les sols et limiter l'érosion
- Confectionner des bassins multifonctions aux points bas pour collecter les eaux ruisselant sur l'autoroute et de les traiter avant le rejet dans le milieu naturel.
- Eviter de défricher pendant une saison trop pluvieuse.

X.5.3. Mesures pour la protection des ressources en eaux :

Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- S'assurer que le dimensionnement des ouvrages de franchissement leur permet d'assurer les fonctions hydrologiques (évacuation des crues) et écologiques (corridors fauniques) des cours d'eau ;
- Mettre en œuvre une bonne gestion environnementale de chantier comprenant le traitement des rejets, l'absence de ravitaillement des engins dans le lit des oueds ou à proximité, faire un choix raisonné des sites de stockage des matériaux (loin des zones pour lesquelles il existe un risque d'inondation) ;
- Procéder à l'imperméabilisation des aires de maintenance qui doivent être équipée d'un bassin de rétention, de fossés et d'une fosse septique.
- Faire enlever les bidons vides usagés par des entreprises spécialisées ;

X.5.4. Mesures pour la protection des milieux naturels

Les travaux de défrichement (débroussaillage, déboisement et dessouchage), correspondant au dégagement des emprises, constituent la phase la plus critique vis-à-vis du milieu naturel, et de la faune associée. Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- Limitation de la surface d'occupation
- Prévention des risques d'incendie de forêt
- Planification du chantier en tenant compte du cycle biologique de la faune. Ainsi, les défrichements seront réalisés dans la mesure du possible, en dehors des périodes de nidification et de reproduction (printemps) de la faune et de l'avifaune en particulier.

X.5.5. Mesures pour la protection du milieu humain

Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- Déterminer avec rigueur dans les procédures d'expropriation la valeur des parcelles touchées, la viabilité des exploitations agricoles concernées.
- les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence (rétablissement de routes ou de réseaux).
- Prendre en considération les recommandations environnementales établies pour la protection des eaux et de l'atmosphère
- Mettre en place des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès pour assurer la sécurité des personnes et des biens
- Remise en état des sites de chantier : les pistes, les accès, les zones de dépôts provisoires et les dérivations établis pour le chantier, devront être démontés et accompagnés d'une remise en état du site à la fin des travaux.

X.5.6. Mesures vis-à-vis de l'hydrologie

Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- Collecte des eaux de ruissellement : afin de minimiser les risques d'érosion des talus de la plateforme autoroutière par les eaux de ruissellement, la collecte des eaux de ruissellement sera assurée par la mise en place d'un réseau (fossés latéraux (revêtus ou non) et des cunettes).
- Control de la qualité des eaux superficielles en phase d'exploitation
- Près des milieux aquatiques plus sensibles (oued Seybouse), la mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales permettra de limiter la pollution accidentelle et la pollution chronique résultant du trafic évacuée en direction des milieux récepteurs (oueds et barrage).

X.5.7. Mesures en faveur de la faune :

La faune locale qui est constituée d'espèces domestiques telles que : moutons, chèvres, De même qu'ont été observées des espèces ornithologiques et une grande variété de petit gibier : sanglier, chacal, renard, belette et lièvre.



Figure X.2 : faune existe sur la zone de projet

Les mesures de réduction de l'impact qui seront mises en œuvre sont les suivantes :

- Minimisation de la mortalité (Clôtures) : la construction de barrières, comme des clôtures, est une des approches les plus courantes pour prévenir les collisions avec la faune. Leur défaut est d'accroître l'effet de barrière.
- Minimisation de l'effet barrière (Passages à faune) : utilisés conjointement avec les clôtures, les passages à faune supérieurs ou inférieurs donnent la possibilité aux animaux d'éviter une route, sans perturber leurs déplacements ou leurs migrations. Ainsi, les passages hydrauliques sont une bonne solution pour réduire l'effet de fragmentation d'une infrastructure de transport.

X.5.8. Mesures vis-à-vis de la circulation et du trafic : protections acoustiques :

L'étude prévisionnelle menée a permis d'identifier les bâtis pour lesquels la contribution sonore du projet de la pénétrante est supérieure aux seuils définis par la réglementation et déterminer ainsi des principes de protection acoustiques.

Signalisation et éclairage

XI. Signalisation et éclairage

XI.1. Introduction

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

2 types de signalisation sont envisagés : la signalisation horizontale et la signalisation verticale dont on distingue plusieurs catégories comme suit :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XI.2. Signalisation verticale :

La signalisation verticale est l'ensemble des signaux conventionnels implantés verticalement sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route. Elle est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- Signalisation de direction.

Il existe différents types de panneaux de signalisation qui peuvent avoir plusieurs fonctions :

- Les panneaux de danger informent les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer et contribuent ainsi à rendre plus sûre la circulation routière.
- Les panneaux directionnels facilitent cette circulation en indiquant par exemple les directions à suivre.
- Les panneaux de prescription ou d'obligation indiquent ou rappellent diverses prescriptions particulières de police en vigueur localement.
- Les panneaux d'indication enfin donnent des informations relatives à l'usage de la route.

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises de plusieurs types :

- balise de virage.
- balise de limite de chaussée.
- balise de musoir, balise pour les gares de péages, etc.

La taille des panneaux est comme suit et représentée dans tableau 1 :

- sur autoroute : Très Grande Gamme (TGG)

Chapitre XI : signalisation et éclairage

- Sur entrées et sortie : Grande Gamme (GG)
- Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale (GN).

Tableau XI.1 : les dimensions des panneaux.

Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

XI.2.1. Signalisation de danger :

Les panneaux de forme triangulaire (type A) indiquent un danger à venir, et demandent à ralentir, ils sont placés à droite chaussée. Comme ils peuvent être répétés à gauche.



XI.2.2. Intersection et régime de priorité :



XI.2.3. Signalisation de prescription :

L'objet de la signalisation de prescription est de porter à la connaissance des usagers de la route les interdictions et obligations particulières résultant de mesures réglementaires complétant le code de la route, ce sont des panneaux de type B.



XI.2.4. Signalisation d'indication :

Les signaux d'indication sont placés aux endroits les plus appropriés. Ce sont des Panneaux de signalisation : type C.

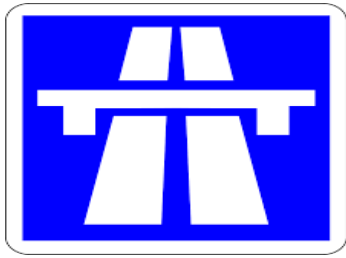


Figure XI.1 : Accès à l'autoroute



Figure XI.2 : fin de l'autoroute

XI.2.5. Signalisation de direction :

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à étudier.

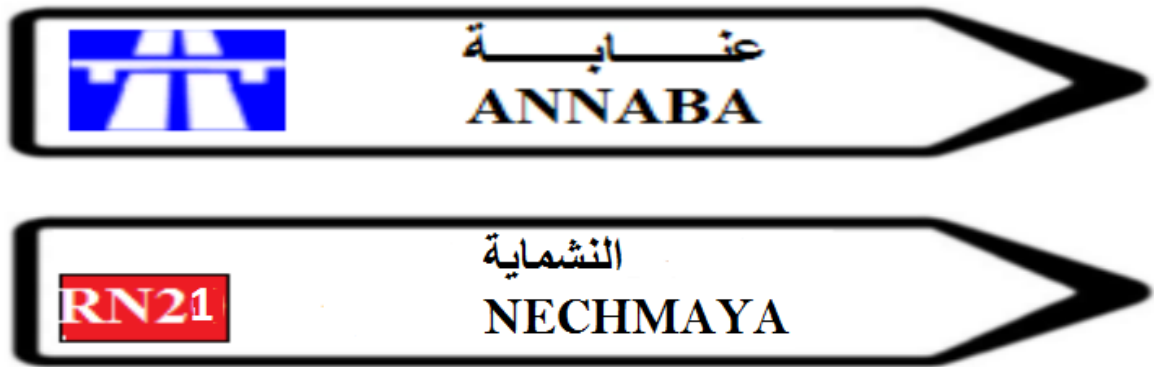
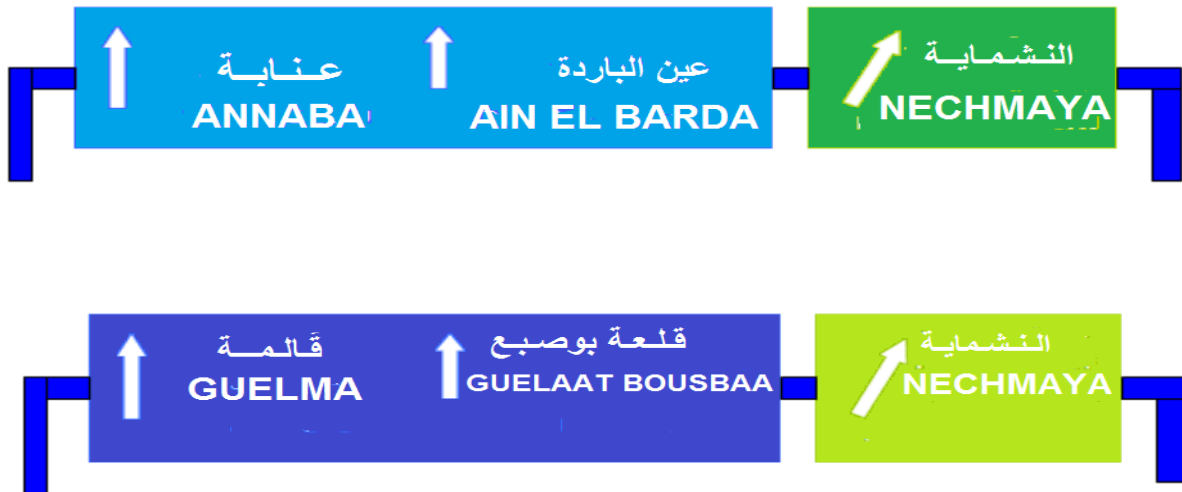


Figure XI.3 : signalisation de direction.

XI.2.6. Panneaux de pré signalisation :



XI.3. Signalisation horizontale :

La signalisation routière horizontale regroupe, dans le cadre de la signalisation routière, tous les différents marquages au sol.

Les marques sur chaussée ont pour fonction de guider l'usager. Elles donnent quatre types d'informations :

- la répartition des espaces de déplacement ;
- les règles de conduite ;
- le jalonnement ;
- le stationnement.

❖ Catégories de marques :

On distingue plusieurs catégories de marques :

XI.3.1. Les marques longitudinales :

- ligne continue, interdisant le franchissement ou le chevauchement ;
- ligne discontinue de guidage, délimitant les voies en vue de guider la circulation ;
- ligne discontinue d'avertissement, annonçant l'approche d'un passage présentant un risque particulier ;
- ligne mixte, qui ne peut être franchie que si, au début d'une manœuvre de dépassement, la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule ;
- lignes continues et discontinues pour voies spécialisées.

XI.3.1.1. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune. , dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

XI.3.1.2. Largeur des lignes :

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U

Les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et d'entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN,

U = 5 cm sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

XI.3.1.3. La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

Pour notre projet la route est de type "autoroute".

Donc la valeur de U est 7.5 cm.

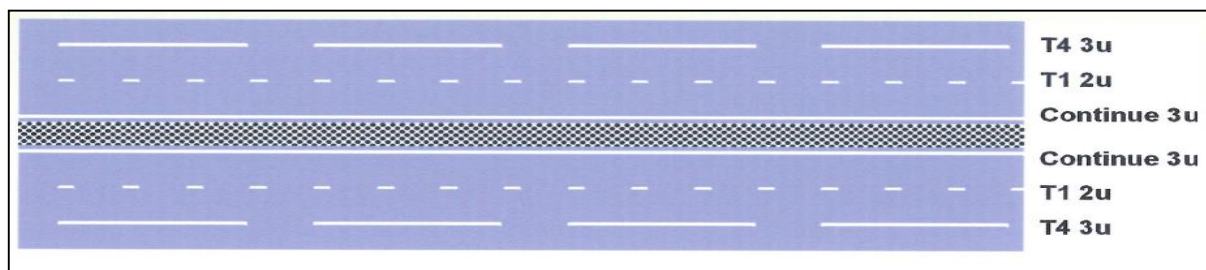


Figure XI.4 : Exemple d'une route à largeur 3U.

Le tableau suivant et les figures ci-dessous représentent les caractéristiques de tous les types de lignes.

Tableau XI.2 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

Modulation	désignation des marques	largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm



Figure XI.5 : caractéristiques des lignes d'une chaussée.



Figure XI.6 : Caractéristiques des lignes discontinues.

Tableau XI.3 : Les caractéristiques des lignes discontinues.

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

XI.3.2. Les marques transversales

- ligne continue d'arrêt ;
- ligne discontinue de « Cédez le passage » ;
- ligne discontinue d'effet des feux de circulation.

Les autres marques

Il s'agit là de tous les marquages spéciaux qui donnent une information, une prescription ou spécifiques à certains carrefours. On distingue :

- les flèches de pré signalisation ;
- les lignes parallèles ou obliques ;
- les lignes zigzag ;
- les marquages spécifiques.

XI.4. Eclairage :

XI.4.1. Introduction

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours...etc.). Pour le piéton, une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

XI.4.2. Catégorie d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XI.4.3. Paramètre d'implantation de luminaire :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

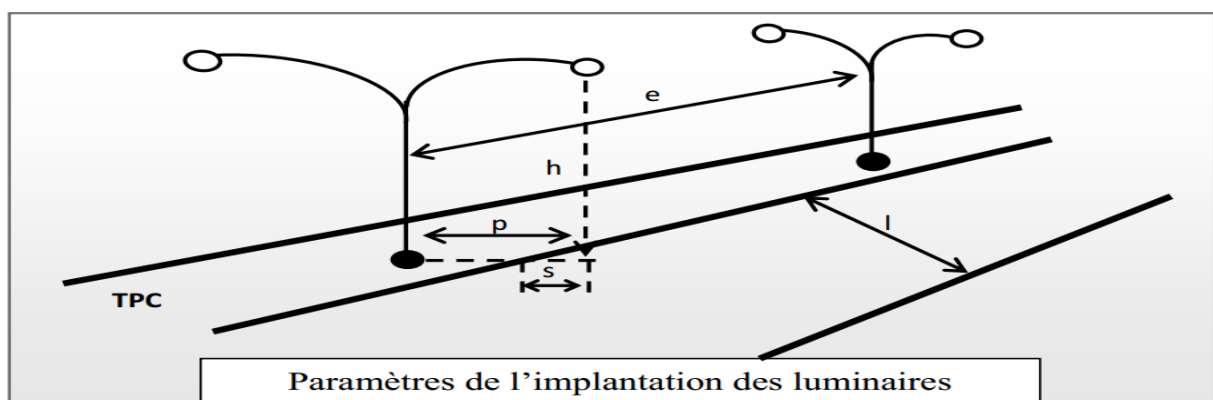


Figure XI.7 : paramètre d'implantation des luminaires.

Application au projet

D'après l'ICTAAL, on n'est pas besoin de mettre les luminaires, sauf dans l'échangeur ou dans le cas où l'autoroute traverse ou avoisine une zone dont il y a risque de gêner la circulation sur l'autoroute.

Devis quantitatif et estimatif

XII. Devis quantitatif estimatif :

Devis quantitatif et estimatif :

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Totale
Installation du chantier					
1	Installation et repliement du chantier	F	1	3% \times (2+3+4)	163395854,19
Préparation du terrain					
2	Dégagement de l'emprise	M ²	288640	500	144320000,00
Terrassement					
3.1	Décapage de terre végétale	M ³	149323.22	500	74661610.00
3.2	Déblai mise en remblai	M ³	0	800	0.00
3.2	Déblai + transport	M ³	4113427	600	2468056200.00
3.3	Remblai d'emprunt + transport	M ³	2091984	1000	2091984000.00
Totale					4634701810.00
Chaussée + échangeur					
4.1	Mise en place d'une couche de forme TUF	M ³	546979,76	1200	656375712.48
4.2	Couche de fondation + couche de base (GB)	T	246140,89	6500	1599915799.17
4.3	Couche de roulement (BB)	T	72930,63	8000	583445077.76
4.4	Couche d'imprégnation (700 à 800 g/m ²)	T	638,14	7800	4977515.82
4.5	Couche d'accrochage dosée (200 à 300 g/m ²)	T	227,91	5800	1321867.75
Totale					2846035972.98
Assainissement					
5.1	Fossé trapézoïdale en béton	MI	10300	5200	53560000.00
5.2	Buses Φ 800	MI	175	1800	315000.00

5.3	Buses Φ 1000	MI	280	2200	616000.00
5.4	Buses Φ 1200	MI	175	2800	490000.00
Totale					54981000.00
Signalisation et équipement					
6.1	Marquage au sol	ml	10000	150	1500000.00
6.2	Panneau type A	Unité	24	6500	156000.00
6.3	Panneau type E	Unité	2	30000	60000.00
6.4	Séparateur en béton	ml	10000	4500	45000000.00
Totale					46716000.00
Ouvrage d'art					
7	2 ouvrages (1 rétablissement + 1 échangeur)	M ²	2940	250000	735000000.00
Environnement					
8	Impact sur l'environnement	forfait		3% x (2+3+4)	163395854,19
				Total HT	8788546490.00
				TVA	19.00%
				Total TTC	10458370320.00

Totale TTC en lettres :

Dix milliards et quatre cent cinquante-huit millions et trois cents soixante-dix mille trois cent vingt dinars Algériens

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans la conclusion de ce projet intitulé « Etude en APS et APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant la wilaya de Guelma a AEO sur 10 km avec conception d'un échangeur », après avoir rappelé travail réalisé on désire revenir brièvement sur les points essentiels.

En récapitulant, au premier lieu le travail que nous avons effectué est de choisir la meilleure variante parmi les trois (3) variantes proposées.

On a fait une étude complète qui englobe une étude géométrique (le tracé en plan, profil en long...etc.), géotechnique notamment (déblais et remblais), une étude hydraulique ; avec la proposition de solutions concernant les ouvrages hydrauliques.

Il reste à traiter la stabilité des talus routiers qui seront réalisés surtout que certains déblais sont d'une grande hauteur.

Le dimensionnement de la chaussée a été considéré pour la section la plus défavorable. Il est nécessaire d'adapter la structure de chaussée aux autres conditions de sol (sur le rocher par exemple).

Enfin, on peut dire que ce projet a été enrichissant pour compléter la formation, en touchant une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaître. Il est important de reconnaître que le projet du siècle du pays « L'autoroute Est – Ouest et ses pénétrantes » est bénéfique non seulement en matière économique et social, mais aussi en matière technique de formation des futurs ingénieurs au sein de l'ENSTP.

Bibliographie

- [1] Site web SCRIBD, [http:// fr.scribd.com](http://fr.scribd.com)
- [2] Site officiel de l'ADA, [http://www.ada.org .dz](http://www.ada.org.dz)
- [3] Wikipedia,<http://www.wikipedia.com>
- [4] Mr. KARA, Cours de routes de 2^{ème} année, ENSTP
- [5] SETRA, ICTAAL 2000, France, publiée au B.O. n° 24 le 10/01/2001.
- [6] SETRA, Complément à l'ICTAAL « échangeur », France,
- [7] B.P. n°214 le 01/01/2014.
- [8] Manuel de projet de routes, Mr. GOUMETTRE, Mme. KALLI, office des publications universitaires Alger, édition n° 5266, 2011.
- [9] Cours MDS ENSTP 3^{ème} année, Mr. BERRICHE, ENSTP.
- [10] Cours de géotechnique routière 4^{ème} année, Mme. DERRICHE, ENSTP.
- [11] Cours hydraulique 4^{ème} année, Mr. RAHMANI, ENSTP.
- [12] Cours d'environnement 5^{ème} année, Mme. BOUAFIA, ENSTP.
- [13] Ministère des travaux publics, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : CTPP, 2001.

ANNEXE

V.1.3.5 Exemple de calcul manuel d'axe du tracé en plan :

Tableau IV-3 : Les données de l'axe à calculer

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	V _B (Km/h)
A(x,y)	363766.263	4046928.784	480	110
B(x,y)	363971.437	4047223.578		
C(x,y)	364025.111	4047295.777		
D(x,y)	364301.815	4047457.412		

Exemple de calcul sur notre projet :

- **Les gisements :**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

- **Calcul de gisements :**

$$G_1^2 = \text{Arctg} \frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} = \text{Arctg} \frac{363971.437 - 363766.263}{4047223.578 - 4046928.784} = 38.71 \text{ gr} = G_1^S$$

$$G_1^4 = \text{Arctg} \frac{X_4 - X_1}{Y_4 - Y_1} = \text{Arctg} \frac{364301.815 - 363766.263}{4047457.412 - 4046928.784} = 50.41 \text{ gr}$$

$$G_3^4 = \text{Arctg} \frac{X_4 - X_3}{Y_4 - Y_3} = \text{Arctg} \frac{364301.815 - 364025.111}{4047457.412 - 4047295.777} = 66.34 \text{ gr}$$

- **Calcul des angles au sommet du triangle 1S4 :**

$$\text{Angle 1} = (G_1^4 - G_1^2) = (50.41 - 38.71) = 11.7 \text{ gr}$$

$$\text{Angle 4} = (G_3^4 - G_1^4) = (66.34 - 50.41) = 15.93 \text{ gr}$$

$$\text{Angle S} = 200 - (11.7 + 15.93) = 172.37 \text{ gr}$$

- **Calcul des distances:**

$$D_{1-4} = \sqrt{(X_4 - X_1)^2 + (Y_4 - Y_1)^2} = \sqrt{(535.552)^2 + (529.412)^2} = 753 \text{ m}$$

$$D_{1-S} = \frac{D_{1-4} \times \sin(\text{Angle 4})}{\sin(\text{Angle S})} = \frac{753 \times \sin(15.93)}{\sin(172.37)} = 443.4 \text{ m}$$

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

$$X_s = X_1 + D_{1-S} \times \sin G_1^S = 363766.263 + 443.4 \times \sin 38.71 = 364019.565 \text{ m}$$

ANNEXE

$$Y_s = Y_1 + D_{1-s} \times \cos G_1^S = 4046928.784 + 443.4 \times \cos 38.71 = 4047292.71 \text{ m}$$

- **Calcul de paramètre A :**

$$\text{On a : } R/3 \leq A \leq R$$

$$\text{On prend } A=210 : \quad 600/3 \leq 210 \leq 600$$

Caractéristique de la courbe de raccordement :

- **Calcul de ΔR :**

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} \quad \text{avec : } L = \frac{A^2}{R} = \frac{210^2}{480} = 92 \text{ m}$$

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{92^2}{24 \times 480} = 0.73.$$

$$\text{Avec un rapport } \frac{L}{R} = \frac{92}{480} = 0.192.$$

$$X_m = \frac{A^2}{2R} = \frac{210^2}{2 \times 480} = 45.94 \text{ m}$$

- **Calcul de la longueur de l'arc de cercle :**

$$\tau = \frac{200 \times L}{2 \times \pi \times R} = \frac{200 \times 92}{2 \times \pi \times 480} = 6.104$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = |G_1^2 - G_3^4| = |38.71 - 66.34| = 27.63 \text{ gr}$$

$$\tau < (\gamma/2) \text{ donc non chevauchement}$$

- **Calcul de la tangente T :**

$$T = X_m + t = X_m + (R + \Delta R) \times \text{tg}(\gamma/2)$$

$$T = 45.94 + (480 + 0.73) \times \text{tg}\left(\frac{27.63}{2}\right)$$

$$T = 151.93$$

- **Calcul de la corde polaire à la clothoïde**

$$SI = L - \frac{L^5}{90 \times A^4} + \frac{L^9}{22680 \times A^8} = 91.96$$

- **Calcul de la l'angle polaire :**

$$\sigma = L^2 / 6 \times A^2 = 92^2 / (6 \times 210^2) = 0.032$$

- **Calcul de la longueur de l'arc de cercle :**

$$b = \frac{\pi \times R \times (\gamma - 2\tau)}{200}$$

$$b = 116.22$$

- **La longueur de la courbe :(2Clothoïde+Rayon) :**

$$\text{Courbe} = (2 \times L) + b = 2 \times 92 + 116.22 = 300.22$$

- **Calcul des coordonnées des points de début et fin de la clothoïde :**

1. **Coordonnées du point de début (KA1 ; KE1) :**

$$G_s^{KA1} = G_1^S + 200 = 38.71 + 200 = 238.71 \text{ gr}$$

$$\text{Distance } D_{S-KA1} = T = 151.93$$

ANNEXE

$$X_{KA1} = X_S + T \sin G_S^{KA1} = 364019.565 + 151.93 \times \sin 238.71 = 363932.77$$

$$Y_{KA1} = Y_S + T \cos G_S^{KA1} = 4047292.71 + 151.93 \times \cos 238.71 = 4047168.012$$

$$G_{KA1}^{KE1} = G_1^2 - \sigma = 38.71 - 0.032 = 38.68 \text{ gr}$$

Pour le calcul du 2eme point, on va utiliser la méthode du centre du cercle M

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{X_m}{R + \Delta R} = \text{arctg} \frac{45.94}{480 + 0.73} = 6.065 \text{ gr.}$$

$$\beta = 100 - \alpha = 100 - 6.065 = 93.93 \text{ gr.}$$

$$G_{KA1}^M = G_{KA1}^S - \beta = 238.71 - 93.93 = 144.78 \text{ gr.}$$

$$G_M^{KA1} = 200 - G_{KA1}^M = 55.22.$$

$$\text{Distance } D_{KA1-M} = \sqrt{X_m^2 + (R + \Delta R)^2} = \sqrt{45.94^2 + (480 + 0.73)^2} = 482.92 \text{ m.}$$

$$X_m = X_{KA1} + D_{KA1-M} \sin G_{KA1}^M = 363932.77 + 482.92 \times \sin 144.78 = 364301.067$$

$$Y_m = Y_{KA1} + D_{KA1-M} \cos G_{KA1}^M = 4047168.012 + 482.92 \times \cos 144.78 = 4046855.65$$

$$G_M^{KE1} = G_M^{KA1} - \alpha - \tau = 55.22 - 6.065 - 6.104 = 43.051 \text{ gr}$$

$$X_{KE1} = X_M + R \sin G_M^{KE1} = 364301.067 + 480 \times \sin 43.051 = 364601.48.$$

$$Y_{KE1} = Y_M + R \cos G_M^{KE1} = 4046855.65 + 480 \times \cos 43.051 = 4047230.016.$$

2. Coordonnées du point de la fin (KA2 ; KE2) :

Angle au centre interceptant l'arc $K_{E1}K_{E2} = \gamma - 2\tau = 27.63 - 2 \times 6.104 = 15.42 \text{ gr.}$

$$G_M^{KE2} = 43.051 - 15.42 = 27.63 \text{ gr.}$$

$$X_{KE2} = X_M + R \sin G_M^{KE2} = 364301.067 + 480 \times \sin 27.63 = 364502.91$$

$$Y_{KE2} = Y_M + R \cos G_M^{KE2} = 4046855.65 + 480 \times \cos 27.63 = 4047291.15$$

$$G_M^{KA2} = G_M^{KE2} - \alpha - \tau = 27.63 - 6.065 - 6.104 = 15.46 \text{ gr}$$

$$\text{Distance } D_{KA2-M} = D_{KA1-M} = 482.92$$

$$X_{KA2} = X_M + D_{MKA2} \sin G_M^{KA2} = 364301.067 + 482.92 \times \sin 15.46 = 364317.19$$

$$Y_{KA2} = Y_M + D_{MKA2} \cos G_M^{KA2} = 4046855.65 + 482.92 \times \cos 15.46 = 4047424.4$$

Longueur totale de tout l'arc KA1 KA2

$$2L + \text{arc } KE1 KE2 = 2 \times 92 + (15.42 \times 1000 \times 3.14) / 200 = 426.094 \text{ m}$$

Après la vérification manuelle on a trouvé presque les mêmes résultats obtenus par le logiciel.

R = 480 m < 1.5R_{nd} donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde.

VIII.1 Les caractéristiques morphologiques des bassins versants :

Tableau VIII.1 : Les caractéristiques morphologiques des bassins propres à notre tracé.

Bassin	PKi (début)	PKf (fin)	Surface (km ²)	Surface (ha)	Longueur (km)	Pente (m/m)
11.2	11+255	11+600	0.731	73.1	1.522	12.72
11.3	11+600	11+935	0.089	8.9	0.659	14.76

ANNEXE

12.1	11+935	12+445	0.242	24.2	0.583	17.92
12.2	12+445	12+945	0.103	10.3	0.341	19.71
12.3	12+945	13+395	0.084	8.4	0.420	14.2
13.1	13+395	14+125	0.274	27.4	0.666	14.27
14.1	14+125	14+370	0.155	15.5	0.808	13.61
14.2	14+370	15+655	0.110	11.0	0.473	13.85
14.3	14+625	15+295	0.036	3.60	0.053	32.30
15.1	15+295	15+560	0.013	1.30	0.056	74.51
15.2	15+655	16+405	0.190	19.0	0.337	17.53
16.1	16+405	16+605	0.013	1.30	0.080	16.33
16.2	16+405	16+955	0.143	14.3	0.384	22.63
17.1	16+955	17+490	0.151	15.1	0.413	11.68
17.2	17+490	18+240	0.163	16.3	0.421	15.42
18.1	18+240	18+675	6.235	623.5	5.450	6.75
13.1+14.1+18.1	18+240	18+675	6.663	666.3	5.450	6.75
18.2	18+675	19+240	6.322	632.2	4.264	7.76
19.1	19+240	19+845	0.115	11.5	0.332	15.67
20.1	19+240	20+120	3.144	314.4	3.914	8.30
20.2	20+120	20+495	0.402	40.2	0.707	10.00
20.3	20+495	20+705	0.089	8.9	0.520	11.53
21.1	20+705	21+910	16.834	1683.4	9.276	7.38
21.1+13.1+14.1 +18.1+14.2+14.3 +15.1+15.2+16.1 +16.2+17.1+17.2 +18.2+19.1+20.1 +20.2+20.3	20+705	21+910	34.388	3438.8	9.276	7.38

ANNEXE

VIII.2.3 Valeurs d'It et de Tc pour les périodes de retour de 10 ans et 50 ans :

Tableau VIII.5 : Valeurs d'It et de Tc pour les périodes de retour de 10 ans et 50 ans.

Bassin	tc(h)	It (10%)	tc(h)	It (2%)
1	0,304	23,652	0,304	60,917
2	0,098	35,893	0,098	92,444
3	0,147	30,919	0,147	79,633
4	0,091	36,856	0,091	94,924
5	0,097	36,020	0,097	92,772
6	0,175	28,970	0,175	74,613
7	0,135	31,909	0,135	82,184
8	0,113	34,109	0,113	87,850
9	0,042	49,051	0,042	126,334
10	0,016	69,127	0,016	178,039
11	0,132	32,203	0,132	82,940
12	0,035	52,202	0,035	134,445
13	0,100	35,583	0,100	91,646
14	0,144	31,169	0,144	80,278
15	0,130	32,352	0,130	83,325
16	1,330	13,704	1,330	35,296
17	1,360	13,593	1,360	35,011
18	1,149	14,466	1,149	37,257
19	0,108	34,612	0,108	89,144
20	0,781	16,686	0,781	42,976
21	0,254	25,268	0,254	65,080
22	0,111	34,290	0,111	88,315
23	2,105	11,565	2,105	29,787
24	2,664	10,599	2,664	27,299

ANNEXE

VIII.2.4 Les débits d'averse des bassins versants :

Tableau VIII.8 : les débits d'averse des bassins versants.

Bassin	It (10%) mm/h	Qa (10%) m³/s	It (2%) mm/h	Qa (2%) m³/s
1	23,652	2,547	60,917	6,561
2	35,893	0,435	92,444	1,121
3	30,919	0,978	79,633	2,518
4	36,856	0,401	94,924	1,033
5	36,02	0,303	92,772	0,780
6	28,97	0,883	74,613	2,273
7	31,909	0,632	82,184	1,629
8	34,109	0,511	87,85	1,316
9	49,051	0,216	126,334	0,556
10	69,127	0,120	178,039	0,309
11	32,203	0,987	82,94	2,541
12	52,202	0,079	134,445	0,204
13	35,583	0,693	91,646	1,785
14	31,169	0,641	80,278	1,651
15	32,352	0,660	83,325	1,699
16	13,704	12,589	35,296	32,425
17	13,593	11,330	35,011	29,183
18	14,466	8,898	37,257	22,918
19	34,612	0,420	89,144	1,083
20	16,686	7,875	42,976	20,284
21	25,268	1,327	65,08	3,418
22	34,29	0,238	88,315	0,612
23	11,565	17,319	29,787	44,608
24	10,599	48,636	27,299	125,268

VIII.4 Diamètres des buses pour chaque BV :

Tableau VIII.9 : diamètres des buses pour chaque BV

Bassin	Qa (m³/s)	Øcalculé (m)	Øcommercial(m)
1	6,955	1,168	1200
2	1,515	0,829	1000
3	2,912	1,059	1200
4	1,427	0,810	1000
5	1,174	0,753	800
6	2,667	1,025	1200
7	2,023	0,924	1000

ANNEXE

8	1,71	0,867	1000
9	0,95	0,696	800
10	0,703	0,621	800
11	2,935	1,062	1200
12	0,598	0,585	800
13	2,179	0,950	1000
14	2,045	0,927	1000
15	2,093	0,936	1000
19	1,477	0,821	1000
21	3,812	1,171	1200
22	1,006	0,711	800

VIII.4.1 Vérification des conditions d'auto-curage :

Tableau VIII.13 : vérification des conditions d'auto-curage.

Bassin	Qps	Vps	V pour 0,1Qps	V>0.6	V pour 0,01Qps	V>0.3
1	4,09	3,61	2,31	Oui	1,16	Oui
2	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
3	4,09	3,61	2,31	Oui	1,16	Oui
4	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
5	1,39	2,77	1,77	Oui	0,88	Oui
6	4,09	3,61	2,31	Oui	1,16	Oui
7	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
8	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
9	1,39	2,77	1,77	Oui	0,88	Oui
10	1,39	2,77	1,77	Oui	0,88	Oui
11	4,09	3,61	2,31	Oui	1,16	Oui
12	1,39	2,77	1,77	Oui	0,88	Oui
13	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
14	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
15	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
19	2,52	3,20	2,05	Oui	1,03	Oui
21	4,09	3,61	2,31	Oui	1,16	Oui
22	1,39	2,77	1,77	Oui	0,88	Oui

ANNEXE

I. Listing de la géométrie de l'axe en plan

Préparé par :

MILOUDI Hamza/ BENREDJEM Houssam Eddine

ENSTP PROMOTION 2018

Date : 18/05/2018 à 16 :32.

Axe En Plan					
Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 38.7083 g	359.166	0.000	363766.263	4046928.784
Clothoïde 1	Paramètre -207.846	90.000	359.166	363971.437	4047223.578
Arc 1	Rayon -480.000 m Centre X 364391.685 m Centre Y 4046985.900 m	326.725	449.166	364025.111	4047295.777
Clothoïde 2	Paramètre 207.846	90.000	775.891	364301.815	4047457.412
Droite 2	Gisement 93.9782 g	204.112	865.891	364391.068	4047468.703
Clothoïde 3	Paramètre 198.997	90.000	1070.003	364594.268	4047487.981
Arc 2	Rayon 440.000 m Centre X 364597.421 m Centre Y 4047931.027 m	220.774	1160.003	364683.482	4047499.525
Clothoïde 4	Paramètre -155.894	55.234	1380.777	364880.413	4047594.106
Clothoïde 5	Paramètre -155.894	34.718	1436.011	364921.177	4047631.362
Arc 3	Rayon -700.000 m Centre X 365416.742 m Centre Y 4047136.572 m	120.152	1470.730	364946.506	4047655.106
Clothoïde 6	Paramètre 390.312	217.634	1590.882	365041.984	4047727.805
Clothoïde 7	Paramètre 390.312	230.824	1808.515	365236.660	4047824.572
Arc 4	Rayon 660.000 m Centre X 365078.310 m Centre Y 4048478.991 m	111.779	2039.339	365442.408	4047928.507
Clothoïde 8	Paramètre -214.942	70.000	2151.118	365529.985	4047997.754
Droite 3	Gisement 48.6407 g	20.096	2221.118	365579.294	4048047.426
Clothoïde 9	Paramètre -200.000	80.000	2241.214	365593.197	4048061.937
Arc 5	Rayon -500.000 m Centre X 365982.272 m Centre Y 4047744.519 m	8.314	2321.214	365650.049	4048118.188
Clothoïde 10	Paramètre 166.926	55.729	2329.529	365656.309	4048123.660
Clothoïde 11	Paramètre 166.926	55.729	2385.257	365699.881	4048158.392
Arc 6	Rayon 500.000 m Centre X 365417.490 m Centre Y 4048572.265 m	213.281	2440.986	365743.454	4048193.123
Clothoïde 12	Paramètre -146.113	42.698	2654.268	365871.113	4048361.962
Clothoïde 13	Paramètre -146.113	48.520	2696.965	365887.960	4048401.192
Arc 7	Rayon -440.000 m Centre X 366304.144 m Centre Y 4048255.672 m	33.785	2745.485	365907.289	4048445.689
Clothoïde 14	Paramètre 204.450	95.000	2779.271	365923.034	4048475.571
Droite 4	Gisement 40.1892 g	623.446	2874.271	365976.279	4048554.188
Clothoïde 15	Paramètre 203.101	75.000	3497.717	366344.229	4049057.476
Arc 8	Rayon 550.000 m Centre X 365930.988 m Centre Y 4049422.998 m	364.146	3572.717	366388.615	4049117.912
Clothoïde 16	Paramètre -250.711	114.284	3936.863	366479.479	4049463.705
Clothoïde 17	Paramètre -250.711	130.950	4051.147	366463.161	4049576.762
Arc 9	Rayon -480.000 m	268.069	4182.097	366445.874	4049706.457

ANNEXE

	Centre X	366925.459 m				
	Centre Y	4049726.403 m				
Clothoïde 18	Paramètre	207.846	90.000	4450.166	366508.171	4049963.617
Droite 5	Gisement	38.8757 g	219.117	4540.166	366557.429	4050038.898
Clothoïde 19	Paramètre	225.832	75.000	4759.283	366683.073	4050218.415
Arc 10	Rayon	680.000 m	419.221	4834.283	366724.936	4050280.632
	Centre X	366147.187 m				
	Centre Y	4050639.249 m				
Clothoïde 20	Paramètre	-185.845	50.792	5253.504	366825.923	4050680.696
Clothoïde 21	Paramètre	-185.845	84.240	5304.295	366821.566	4050731.297
Arc 11	Rayon	-410.000 m	9.478	5388.535	366816.173	4050815.324
	Centre X	367226.169 m				
	Centre Y	4050813.523 m				
Clothoïde 22	Paramètre	205.973	103.476	5398.013	366816.324	4050824.801
Clothoïde 23	Paramètre	205.973	60.607	5501.489	366827.844	4050927.560
Arc 12	Rayon	700.000 m	211.390	5562.096	366836.257	4050987.575
	Centre X	366140.520 m				
	Centre Y	4051064.706 m				
Clothoïde 24	Paramètre	-227.665	74.045	5773.486	366827.714	4051197.989
Clothoïde 25	Paramètre	-227.665	64.789	5847.531	366811.063	4051270.128
Arc 13	Rayon	-800.000 m	181.384	5912.320	366796.233	4051333.193
	Centre X	367579.649 m				
	Centre Y	4051495.240 m				
Clothoïde 26	Paramètre	212.608	56.503	6093.704	366779.856	4051513.446
Clothoïde 27	Paramètre	212.608	113.006	6150.207	366782.472	4051569.885
Arc 14	Rayon	400.000 m	136.562	6263.213	366783.713	4051682.784
	Centre X	366385.096 m				
	Centre Y	4051649.549 m				
Clothoïde 28	Paramètre	-219.089	120.000	6399.774	366749.580	4051814.327
Droite 6	Gisement	363.4206 g	6.204	6519.774	366689.536	4051918.086
Arc 15	Rayon	1060.566 m	739.281	6525.978	366686.164	4051923.294
	Centre X	365795.908 m				
	Centre Y	4051346.889 m				
Droite 7	Gisement	319.0442 g	89.763	7265.259	366108.461	4052360.353
Clothoïde 29	Paramètre	-207.846	90.000	7355.022	366022.685	4052386.807
Arc 16	Rayon	-480.000 m	825.226	7445.022	365937.586	4052415.993
	Centre X	366121.362 m				
	Centre Y	4052859.419 m				
Clothoïde 30	Paramètre	207.846	90.000	8270.248	365709.988	4053106.747
Droite 8	Gisement	40.4299 g	0.295	8360.248	365761.069	4053180.804
Arc 17	Rayon	-2316.938 m	1570.361	8360.543	365761.244	4053181.041
	Centre X	367626.448 m				
	Centre Y	4051806.554 m				
Droite 9	Gisement	83.5783 g	578.845	9930.903	367035.397	4054046.835
				10509.749	367595.091	4054194.498
Longueur totale de l'axe 10509.749 mètre(s)						

ANNEXE

II.Profil En Long Projet

Profil En Long Projet				
Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 5.94 %	353.836	-8.280	444.258
Parabole 1	Pente 5.94 %	5.537	345.556	465.289
	Rayon 50000.000 m			
	Sommet Absc. -2626.333 m			
	Sommet Alt. 376.968 m			
Pente 2	Pente 5.95 %	526.306	351.093	465.619
Parabole 2	Pente 5.95 %	245.150	877.399	496.959
	Rayon -6500.000 m			
	Sommet Absc. 1264.464 m			
	Sommet Alt. 508.484 m			
Pente 3	Pente 2.18 %	484.234	1122.549	506.935
Parabole 3	Pente 2.18 %	486.434	1606.783	517.507
	Rayon -6000.000 m			
	Sommet Absc. 1737.781 m			
	Sommet Alt. 518.937 m			
Pente 4	Pente -5.92 %	131.414	2093.217	508.409
Parabole 4	Pente -5.92 %	33.290	2224.631	500.624
	Rayon -50000.000 m			
	Sommet Absc. -737.334 m			
	Sommet Alt. 588.357 m			
Pente 5	Pente -5.99 %	583.020	2257.921	498.641
Parabole 5	Pente -5.99 %	118.118	2840.941	463.715
	Rayon 40000.000 m			
	Sommet Absc. 5237.145 m			
	Sommet Alt. 391.943 m			
Pente 6	Pente -5.70 %	542.726	2959.059	456.814
Parabole 6	Pente -5.70 %	46.430	3501.785	425.905
	Rayon -10000.000 m			
	Sommet Absc. 2932.263 m			
	Sommet Alt. 442.122 m			
Pente 7	Pente -6.16 %	735.335	3548.215	423.152
Parabole 7	Pente -6.16 %	21.214	4283.550	377.859
	Rayon 10000.000 m			
	Sommet Absc. 4899.502 m			
	Sommet Alt. 358.889 m			
Pente 8	Pente -5.95 %	768.775	4304.764	376.575
Parabole 8	Pente -5.95 %	105.484	5073.539	330.853
	Rayon 9000.000 m			
	Sommet Absc. 5608.803 m			

ANNEXE

	Sommet Alt.	314.936 m			
	Pente	-4.78 %			
Pente 9	Pente	-4.78 %	429.673	5179.023	325.198
Parabole 9	Pente	-4.78 %	132.609	5608.696	304.680
	Rayon	9000.000 m			
	Sommet Absc.	6038.476 m			
	Sommet Alt.	294.418 m			
	Pente	-3.30 %			
Pente 10	Pente	-3.30 %	1002.138	5741.304	299.324

Parabole 10	Pente	-3.30 %	13.115	6743.443	266.234
	Rayon	-20000.000 m			
	Sommet Absc.	6083.062 m			
	Sommet Alt.	277.137 m			
	Pente	-3.37 %			
Pente 11	Pente	-3.37 %	158.730	6756.557	265.797
Parabole 11	Pente	-3.37 %	319.880	6915.287	260.452
	Rayon	6000.000 m			
	Sommet Absc.	7117.336 m			
	Sommet Alt.	257.050 m			
	Pente	1.96 %			
Pente 12	Pente	1.96 %	358.787	7235.167	258.207
Parabole 12	Pente	1.96 %	162.092	7593.954	265.253
	Rayon	-7000.000 m			
	Sommet Absc.	7731.423 m			
	Sommet Alt.	266.603 m			
	Pente	-0.35 %			
Pente 13	Pente	-0.35 %	203.499	7756.046	266.559
Parabole 13	Pente	-0.35 %	265.234	7959.545	265.844
	Rayon	-8000.000 m			
	Sommet Absc.	7931.405 m			
	Sommet Alt.	265.893 m			
	Pente	-3.67 %			
Pente 14	Pente	-3.67 %	308.546	8224.779	260.514
Parabole 14	Pente	-3.67 %	69.473	8533.324	249.199
	Rayon	15000.000 m			
	Sommet Absc.	9083.400 m			
	Sommet Alt.	239.113 m			
	Pente	-3.20 %			
Pente 15	Pente	-3.20 %	182.721	8602.797	246.812
Parabole 15	Pente	-3.20 %	213.734	8785.518	240.958
	Rayon	5000.000 m			
	Sommet Absc.	8945.719 m			
	Sommet Alt.	238.391 m			
	Pente	1.07 %			
Pente 16	Pente	1.07 %	122.057	8999.252	238.678
Parabole 16	Pente	1.07 %	327.910	9121.310	239.985
	Rayon	-8000.000 m			
	Sommet Absc.	9206.963 m			
	Sommet Alt.	240.443 m			
	Pente	-3.03 %			
Pente 17	Pente	-3.03 %	154.248	9449.219	236.775
Parabole 17	Pente	-3.03 %	152.252	9603.467	232.104

ANNEXE

	Rayon	15000.000 m			
	Sommet Absc.	10057.698 m			
	Sommet Alt.	225.227 m			
	Pente	-2.01 %			
Pente 18	Pente	-2.01 %	187.907	9755.719	228.266
Parabole 18	Pente	-2.01 %	320.021	9943.626	224.483
	Rayon	5000.000 m			
	Sommet Absc.	10044.286 m			
	Sommet Alt.	223.470 m			
	Pente	4.39 %			
Pente 19	Pente	4.39 %	246.101	10263.647	228.282
				10509.749	239.079
Longueur totale de l'axe 10509.749 mètre(s)					

III. Cubatures Déblai Remblai (compensé)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.1	0.000	12.50	0.00	551.61	0.000	6895.077	0	6895
P.2	25.000	25.00	0.00	532.16	0.000	13303.975	0	20199
P.3	50.000	25.00	0.00	463.33	0.000	11583.365	0	31782
P.4	75.000	25.00	0.00	305.34	0.000	7633.421	0	39416
P.5	100.000	25.00	0.00	144.90	0.000	3622.515	0	43038
P.6	125.000	25.00	2.30	1.47	57.490	36.721	57	43075
P.7	150.000	25.00	238.12	0.06	5952.954	1.540	6010	43077
P.8	175.000	25.00	443.14	0.06	11078.414	1.457	17089	43078
P.9	200.000	25.00	503.37	21.15	12584.301	528.803	29673	43607
P.10	225.000	25.00	280.92	6.22	7022.927	155.428	36696	43762
P.11	250.000	25.00	16.94	157.21	423.575	3930.154	37120	47692
P.12	275.000	25.00	0.00	337.63	0.000	8440.723	37120	56133
P.13	300.000	25.00	0.00	412.30	0.000	10307.492	37120	66441
P.14	325.000	25.00	0.00	400.54	0.000	10013.443	37120	76454
P.15	350.000	25.00	0.00	321.48	0.000	8036.863	37120	84491
P.16	375.000	25.00	0.00	295.12	0.000	7361.505	37120	91852
P.17	400.000	25.00	0.00	223.81	0.000	5554.174	37120	97407
P.18	425.000	25.00	0.00	96.94	0.000	2385.861	37120	99793
P.19	450.000	25.00	14.84	31.10	385.407	761.922	37505	100554
P.20	475.000	25.00	165.48	37.07	4217.775	861.788	41723	101416
P.21	500.000	25.00	391.76	18.01	10000.463	415.963	51723	101832
P.22	525.000	25.00	491.02	31.24	12655.530	717.462	64379	102550
P.23	550.000	25.00	538.25	19.35	13822.387	444.336	78201	102994
P.24	575.000	25.00	627.96	0.08	16031.860	2.112	94233	102996
P.25	600.000	25.00	763.65	0.07	19531.485	1.912	113765	102998
P.26	625.000	25.00	760.83	0.08	19534.502	2.078	133299	103000
P.27	650.000	25.00	747.52	0.08	19203.373	2.095	152502	103002
P.28	675.000	25.00	717.06	0.08	18385.606	2.144	170888	103004
P.29	700.000	25.00	635.64	0.08	16257.760	2.106	187146	103006
P.30	725.000	25.00	469.92	1.44	12002.571	33.579	199148	103040
P.31	750.000	25.00	306.89	9.39	7814.581	216.466	206963	103256
P.32	775.000	25.00	166.89	34.36	4242.020	796.449	211205	104053

ANNEXE

P.33	800.000	25.00	74.99	1.67	1903.067	40.753	213108	104094
P.34	825.000	25.00	56.29	0.58	1422.210	14.432	214530	104108
P.35	850.000	25.00	377.86	1.40	9523.129	34.824	224053	104143
P.36	875.000	25.00	650.69	0.97	16269.418	24.314	240323	104167
P.37	900.000	25.00	557.92	0.08	13947.955	2.020	254271	104169
P.38	925.000	25.00	366.36	0.17	9159.079	4.208	263430	104173
P.39	950.000	25.00	404.00	0.10	10099.875	2.536	273530	104176
P.40	975.000	25.00	480.07	0.09	12001.657	2.126	285531	104178
P.41	1000.000	25.00	524.83	0.08	13120.662	2.098	298652	104180
P.42	1025.000	25.00	429.23	0.08	10730.854	2.027	309383	104182
P.43	1050.000	25.00	270.36	13.77	6759.085	344.166	316142	104526
P.44	1075.000	25.00	216.45	0.09	5399.490	2.322	321541	104529
P.45	1100.000	25.00	178.34	0.76	4409.726	19.072	325951	104548
P.46	1125.000	25.00	202.44	0.09	4962.795	2.286	330914	104550
P.47	1150.000	25.00	368.08	0.09	9062.645	2.114	339977	104552
P.48	1175.000	25.00	447.62	0.08	11042.500	1.908	351019	104554
P.49	1200.000	25.00	386.05	0.08	9508.285	1.995	360527	104556
P.50	1225.000	25.00	349.11	0.09	8605.867	2.073	369133	104558
P.51	1250.000	25.00	335.84	0.10	8288.165	2.399	377421	104561
P.52	1275.000	25.00	288.11	3.61	7075.600	97.345	384497	104658
P.53	1300.000	25.00	299.26	0.29	7387.085	7.702	391884	104666
P.54	1325.000	25.00	388.07	0.08	9596.495	1.900	401481	104668
P.55	1350.000	25.00	488.93	0.09	12006.194	2.088	413487	104670
P.56	1375.000	25.00	590.86	0.09	14446.890	2.203	427934	104672
P.57	1400.000	25.00	694.94	0.09	17087.976	2.102	445022	104674
P.58	1425.000	25.00	791.76	0.08	19663.577	1.967	464685	104676
P.59	1450.000	25.00	887.76	0.08	22413.556	2.129	487099	104678

P.60	1475.000	25.00	886.41	0.09	22692.887	2.347	509792	104680
P.61	1500.000	25.00	807.42	0.12	20713.496	3.103	530505	104683
P.62	1525.000	25.00	641.30	4.43	16471.986	105.372	546977	104789
P.63	1550.000	25.00	482.40	13.25	12373.292	314.791	559350	105104
P.64	1575.000	25.00	401.32	5.86	10243.870	139.404	569594	105243
P.65	1600.000	25.00	306.67	0.52	7775.341	12.649	577370	105256
P.66	1625.000	25.00	362.69	0.10	9102.433	2.453	586472	105258
P.67	1650.000	25.00	674.50	0.07	17008.028	1.746	603480	105260
P.68	1675.000	25.00	854.35	0.07	21561.482	1.845	625042	105262
P.69	1700.000	25.00	976.76	0.08	24628.820	1.897	649670	105264
P.70	1725.000	25.00	1112.65	0.08	28035.584	2.050	677706	105266
P.71	1750.000	25.00	1514.19	0.08	38180.965	2.022	715887	105268
P.72	1775.000	25.00	2148.28	0.04	54018.761	1.031	769906	105269
P.73	1800.000	25.00	2349.37	0.04	58819.021	1.032	828725	105270
P.74	1825.000	25.00	2612.55	0.24	65122.041	5.928	893847	105276
P.75	1850.000	25.00	2925.25	0.08	72617.874	1.897	966465	105278
P.76	1875.000	25.00	3126.85	0.05	77377.535	1.162	1043842	105279
P.77	1900.000	25.00	3722.91	0.04	91844.743	0.952	1135687	105280
P.78	1925.000	25.00	3975.69	0.04	97821.691	0.966	1233509	105281
P.79	1950.000	25.00	3499.52	0.05	86129.276	1.126	1319638	105282
P.80	1975.000	25.00	2909.47	0.05	71689.728	1.207	1391328	105283
P.81	2000.000	25.00	2412.96	0.07	59397.817	1.897	1450725	105285
P.82	2025.000	25.00	2013.26	0.07	49364.302	1.840	1500090	105287
P.83	2050.000	25.00	1717.18	0.12	42007.384	3.080	1542097	105290
P.84	2075.000	25.00	1343.30	0.07	32853.578	1.669	1574951	105292
P.85	2100.000	25.00	832.55	0.08	20267.658	1.886	1595218	105293
P.86	2125.000	25.00	476.81	0.10	11624.012	2.395	1606842	105296
P.87	2150.000	25.00	223.96	0.13	5537.350	3.226	1612380	105299
P.88	2175.000	25.00	90.37	0.16	2272.330	4.023	1614652	105303

ANNEXE

P.89	2200.000	25.00	96.86	3.15	2450.104	78.241	1617102	105381
P.90	2225.000	25.00	67.44	66.45	1687.441	1660.696	1618790	107042
P.91	2250.000	25.00	39.92	138.14	993.291	3462.821	1619783	110505
P.92	2275.000	25.00	50.30	164.44	1236.433	4162.009	1621019	114667
P.93	2300.000	25.00	77.17	166.88	1871.896	4282.794	1622891	118950
P.94	2325.000	25.00	114.87	73.55	2755.139	1907.666	1625646	120857
P.95	2350.000	25.00	170.18	8.32	4173.848	212.436	1629820	121070
P.96	2375.000	25.00	84.93	0.97	2113.604	24.428	1631934	121094
P.97	2400.000	25.00	22.01	64.64	556.071	1606.711	1632490	122701
P.98	2425.000	25.00	0.00	248.97	0.000	6127.727	1632490	128829
P.99	2450.000	25.00	0.00	397.10	0.000	9703.896	1632490	138532
P.100	2475.000	25.00	0.00	550.74	0.000	13435.600	1632490	151968
P.101	2500.000	25.00	0.00	634.30	0.000	15451.368	1632490	167419
P.102	2525.000	25.00	0.00	623.33	0.000	15044.464	1632490	182464
P.103	2550.000	25.00	28.85	250.41	748.599	5980.418	1633239	188444
P.104	2575.000	25.00	183.69	103.83	4780.664	2467.486	1638019	190912
P.105	2600.000	25.00	235.55	103.24	6127.932	2460.432	1644147	193372
P.106	2625.000	25.00	278.82	13.21	7211.076	318.143	1651358	193690
P.107	2650.000	25.00	294.50	80.98	7516.330	1867.734	1658875	195558
P.108	2675.000	25.00	121.65	6.59	3077.785	162.076	1661952	195720
P.109	2700.000	25.00	0.00	149.33	0.000	3738.927	1661952	199459
P.110	2725.000	25.00	0.00	279.88	0.000	7070.704	1661952	206530
P.111	2750.000	25.00	0.00	329.50	0.000	8419.463	1661952	214949
P.112	2775.000	25.00	32.89	139.78	789.717	3646.316	1662742	218596
P.113	2800.000	25.00	150.03	19.32	3652.228	497.142	1666394	219093
P.114	2825.000	25.00	539.82	0.10	13322.323	2.449	1679717	219095
P.115	2850.000	25.00	1318.38	0.09	32800.518	2.329	1712517	219098
P.116	2875.000	25.00	2247.36	0.05	56160.631	1.376	1768678	219099
P.117	2900.000	25.00	2764.11	0.07	69102.650	1.754	1837780	219101
P.118	2925.000	25.00	3043.10	0.13	76077.431	3.133	1913858	219104
P.119	2950.000	25.00	2968.17	0.11	74204.251	2.818	1988062	219107
P.120	2975.000	25.00	2687.63	0.10	67190.738	2.606	2055253	219109
P.121	3000.000	25.00	2301.08	0.14	57526.950	3.394	2112780	219113
P.122	3025.000	25.00	1993.42	0.08	49835.426	1.987	2162615	219115

P.123	3050.000	25.00	1822.31	0.07	45557.726	1.808	2208173	219116
P.124	3075.000	25.00	1585.58	0.09	39639.591	2.281	2247812	219119
P.125	3100.000	25.00	1451.81	0.09	36295.267	2.325	2284108	219121
P.126	3125.000	25.00	1327.09	0.09	33177.367	2.199	2317285	219123
P.127	3150.000	25.00	1234.51	0.09	30862.703	2.231	2348148	219125
P.128	3175.000	25.00	1136.70	0.07	28417.545	1.716	2376565	219127
P.129	3200.000	25.00	1070.41	0.07	26760.208	1.859	2403326	219129
P.130	3225.000	25.00	1104.31	0.11	27607.760	2.750	2430933	219132
P.131	3250.000	25.00	1200.57	0.08	30014.312	2.114	2460948	219134
P.132	3275.000	25.00	1288.42	0.07	32210.555	1.655	2493158	219136
P.133	3300.000	25.00	1360.33	0.08	34008.211	1.978	2527166	219137
P.134	3325.000	25.00	1389.82	0.06	34745.476	1.537	2561912	219139
P.135	3350.000	25.00	1390.97	0.10	34774.298	2.397	2596686	219141
P.136	3375.000	25.00	1434.01	0.08	35850.358	1.877	2632537	219143
P.137	3400.000	25.00	1472.90	0.07	36822.608	1.625	2669359	219145
P.138	3425.000	25.00	1320.44	0.07	33010.924	1.686	2702370	219147
P.139	3450.000	25.00	1103.57	0.07	27589.350	1.727	2729959	219148
P.140	3475.000	25.00	998.16	0.07	24954.043	1.784	2754913	219150
P.141	3500.000	25.00	966.82	0.07	24140.742	1.755	2779054	219152
P.142	3525.000	25.00	867.15	0.07	21769.037	1.776	2800823	219154
P.143	3550.000	25.00	642.79	0.08	16207.358	1.919	2817031	219156
P.144	3575.000	25.00	377.29	0.08	9521.428	1.918	2826552	219157

ANNEXE

P.145	3600.000	25.00	134.10	0.82	3391.980	19.415	2829944	219177
P.146	3625.000	25.00	0.00	93.99	0.000	2317.178	2829944	221494
P.147	3650.000	25.00	0.00	347.24	0.000	8644.018	2829944	230138
P.148	3675.000	25.00	0.00	527.80	0.000	13222.042	2829944	243360
P.149	3700.000	25.00	0.00	614.73	0.000	15538.058	2829944	258898
P.150	3725.000	25.00	0.00	662.21	0.000	16889.761	2829944	275788
P.151	3750.000	25.00	0.00	623.36	0.000	16028.756	2829944	291817
P.152	3775.000	25.00	0.00	517.47	0.000	13365.818	2829944	305183
P.153	3800.000	25.00	0.00	339.34	0.061	8759.513	2829944	313942
P.154	3825.000	25.00	52.84	179.38	1270.988	4625.988	2831215	318568
P.155	3850.000	25.00	112.10	73.23	2699.656	1886.482	2833915	320455
P.156	3875.000	25.00	148.08	8.65	3592.550	222.399	2837507	320677
P.157	3900.000	25.00	185.69	0.33	4602.355	8.486	2842110	320685
P.158	3925.000	25.00	113.03	0.10	2846.816	2.487	2844956	320688
P.159	3950.000	25.00	0.00	42.85	0.000	1070.262	2844956	321758
P.160	3975.000	25.00	0.00	141.26	0.000	3557.436	2844956	325316
P.161	4000.000	25.00	0.00	191.37	0.000	4819.749	2844956	330135
P.162	4025.000	25.00	0.00	178.54	0.000	4482.190	2844956	334618
P.163	4050.000	25.00	0.00	138.48	0.000	3462.658	2844956	338080
P.164	4075.000	25.00	91.89	59.45	2314.286	1477.861	2847271	339558
P.165	4100.000	25.00	307.59	10.07	7810.681	248.396	2855081	339806
P.166	4125.000	25.00	304.74	9.23	7794.668	226.077	2862876	340033
P.167	4150.000	25.00	34.75	56.08	892.157	1369.506	2863768	341402
P.168	4175.000	25.00	157.83	29.78	4032.299	693.044	2867801	342095
P.169	4200.000	25.00	585.28	0.07	14877.001	1.794	2882678	342097
P.170	4225.000	25.00	797.94	0.06	20070.152	1.649	2902748	342099
P.171	4250.000	25.00	812.78	0.07	20351.261	1.711	2923099	342100
P.172	4275.000	25.00	945.34	0.06	23743.433	1.656	2946842	342102
P.173	4300.000	25.00	713.91	0.09	17887.398	2.203	2964730	342104
P.174	4325.000	25.00	446.95	0.07	11172.134	1.703	2975902	342106
P.175	4350.000	25.00	234.79	5.18	5884.344	137.821	2981786	342244
P.176	4375.000	25.00	95.38	0.08	2384.049	1.924	2984170	342246
P.177	4400.000	25.00	0.00	43.64	0.000	1093.507	2984170	343339
P.178	4425.000	25.00	0.00	133.49	0.000	3346.795	2984170	346686
P.179	4450.000	25.00	0.00	230.82	0.000	5777.039	2984170	352463
P.180	4475.000	25.00	0.00	370.42	0.000	9263.280	2984170	361726
P.181	4500.000	25.00	0.00	533.97	0.000	13346.377	2984170	375073
P.182	4525.000	25.00	0.00	687.34	0.000	17179.032	2984170	392252
P.183	4550.000	25.00	0.00	609.70	0.000	15242.335	2984170	407494
P.184	4575.000	25.00	0.00	568.15	0.000	14203.847	2984170	421698
P.185	4600.000	25.00	0.00	548.07	0.000	13701.738	2984170	435399

P.186	4625.000	25.00	0.00	515.90	0.000	12897.459	2984170	448297
P.187	4650.000	25.00	0.00	431.61	0.000	10790.261	2984170	459087
P.188	4675.000	25.00	0.00	324.28	0.000	8107.064	2984170	467194
P.189	4700.000	25.00	0.00	241.51	0.000	6037.773	2984170	473232
P.190	4725.000	25.00	0.00	200.94	0.000	5023.442	2984170	478255
P.191	4750.000	25.00	0.00	176.75	0.000	4419.034	2984170	482675
P.192	4775.000	25.00	0.00	163.53	0.000	4101.823	2984170	486776
P.193	4800.000	25.00	0.00	159.86	0.000	4028.816	2984170	490805
P.194	4825.000	25.00	0.00	174.95	0.000	4426.857	2984170	495232
P.195	4850.000	25.00	0.00	189.14	0.000	4792.267	2984170	500024
P.196	4875.000	25.00	0.00	165.66	0.000	4198.788	2984170	504223
P.197	4900.000	25.00	0.00	104.52	0.000	2653.490	2984170	506877
P.198	4925.000	25.00	35.73	41.80	870.570	1067.837	2985041	507944
P.199	4950.000	25.00	51.04	9.90	1251.676	252.677	2986293	508197
P.200	4975.000	25.00	65.39	4.18	1606.073	106.841	2987899	508304

ANNEXE

P.201	5000.000	25.00	79.79	5.92	1961.461	151.254	2989860	508455
P.202	5025.000	25.00	67.02	7.17	1646.295	182.920	2991506	508638
P.203	5050.000	25.00	43.05	9.76	1050.122	248.625	2992557	508887
P.204	5075.000	25.00	0.56	50.23	13.703	1271.109	2992570	510158
P.205	5100.000	25.00	0.00	131.51	0.000	3315.942	2992570	513474
P.206	5125.000	25.00	0.00	173.04	0.000	4370.421	2992570	517844
P.207	5150.000	25.00	0.00	170.42	0.000	4311.749	2992570	522156
P.208	5175.000	25.00	0.00	176.35	0.000	4469.941	2992570	526626
P.209	5200.000	25.00	0.00	187.42	0.000	4752.341	2992570	531378
P.210	5225.000	25.00	0.00	177.72	0.000	4500.506	2992570	535879
P.211	5250.000	25.00	0.00	199.33	0.000	5044.212	2992570	540923
P.212	5275.000	25.00	0.00	205.07	0.000	5168.545	2992570	546091
P.213	5300.000	25.00	0.00	182.09	0.000	4557.105	2992570	550649
P.214	5325.000	25.00	0.00	177.05	0.000	4403.171	2992570	555052
P.215	5350.000	25.00	0.00	157.98	0.000	3903.686	2992570	558955
P.216	5375.000	25.00	0.00	140.49	0.000	3453.781	2992570	562409
P.217	5400.000	25.00	0.00	157.15	0.000	3866.304	2992570	566276
P.218	5425.000	25.00	0.00	155.87	0.000	3851.768	2992570	570127
P.219	5450.000	25.00	0.00	148.51	0.000	3683.668	2992570	573811
P.220	5475.000	25.00	0.00	115.97	0.000	2886.010	2992570	576697
P.221	5500.000	25.00	19.60	46.00	490.407	1149.508	2993061	577846
P.222	5525.000	25.00	38.07	9.98	943.995	251.364	2994005	578098
P.223	5550.000	25.00	57.82	2.58	1425.450	65.478	2995430	578163
P.224	5575.000	25.00	98.80	0.23	2433.214	5.628	2997863	578169
P.225	5600.000	25.00	200.15	2.85	4946.470	74.816	3002810	578244
P.226	5625.000	25.00	302.02	0.06	7501.857	1.568	3010312	578245
P.227	5650.000	25.00	323.05	0.07	8021.582	1.764	3018333	578247
P.228	5675.000	25.00	276.85	0.07	6872.917	1.733	3025206	578249
P.229	5700.000	25.00	192.79	7.15	4762.355	187.741	3029968	578437
P.230	5725.000	25.00	88.03	2.33	2158.802	59.526	3032127	578496
P.231	5750.000	25.00	92.98	25.56	2275.492	652.544	3034403	579149
P.232	5775.000	25.00	36.92	30.68	902.456	780.019	3035305	579929
P.233	5800.000	25.00	31.34	36.18	769.815	914.148	3036075	580843
P.234	5825.000	25.00	36.19	32.13	897.910	807.556	3036973	581650
P.235	5850.000	25.00	42.56	22.22	1064.807	555.165	3038038	582206
P.236	5875.000	25.00	38.99	22.37	983.525	555.351	3039021	582761
P.237	5900.000	25.00	23.52	37.50	600.793	927.097	3039622	583688
P.238	5925.000	25.00	0.00	71.40	0.000	1768.655	3039622	585457
P.239	5950.000	25.00	0.00	108.54	0.000	2696.293	3039622	588153
P.240	5975.000	25.00	0.00	129.35	0.000	3215.575	3039622	591369
P.241	6000.000	25.00	0.00	143.10	0.000	3557.490	3039622	594926
P.242	6025.000	25.00	0.00	82.92	0.000	2054.587	3039622	596981
P.243	6050.000	25.00	31.65	36.57	811.165	901.414	3040433	597882
P.244	6075.000	25.00	49.38	25.83	1266.095	636.042	3041699	598518
P.245	6100.000	25.00	32.74	21.35	830.619	526.408	3042530	599044
P.246	6125.000	25.00	35.59	18.83	896.932	467.249	3043427	599512
P.247	6150.000	25.00	14.08	17.46	352.007	436.493	3043779	599948
P.248	6175.000	25.00	10.48	16.29	261.632	409.854	3044041	600358

P.249	6200.000	25.00	6.75	29.28	168.023	740.712	3044209	601099
P.250	6225.000	25.00	0.71	43.59	17.485	1109.479	3044226	602208
P.251	6250.000	25.00	0.00	56.41	0.000	1439.347	3044226	603648
P.252	6275.000	25.00	0.00	75.95	0.000	1937.601	3044226	605585
P.253	6300.000	25.00	0.00	90.57	0.000	2305.126	3044226	607890
P.254	6325.000	25.00	0.00	101.57	0.000	2579.713	3044226	610470
P.255	6350.000	25.00	0.00	103.80	0.000	2629.293	3044226	613099
P.256	6375.000	25.00	0.00	103.14	0.000	2612.012	3044226	615711

ANNEXE

P.257	6400.000	25.00	0.00	97.00	0.000	2455.458	3044226	618167
P.258	6425.000	25.00	0.00	86.86	0.000	2197.884	3044226	620365
P.259	6450.000	25.00	0.10	77.20	2.457	1956.162	3044228	622321
P.260	6475.000	25.00	21.21	55.23	519.727	1394.938	3044748	623716
P.261	6500.000	25.00	23.46	46.23	581.559	1160.092	3045330	624876
P.262	6525.000	25.00	77.91	0.29	1936.271	7.250	3047266	624883
P.263	6550.000	25.00	132.98	1.07	3306.477	27.472	3050573	624911
P.264	6575.000	25.00	212.94	0.09	5305.377	2.166	3055878	624913
P.265	6600.000	25.00	289.24	0.09	7204.284	2.125	3063082	624915
P.266	6625.000	25.00	357.83	0.09	8899.198	2.137	3071981	624917
P.267	6650.000	25.00	446.42	0.09	11095.204	2.128	3083077	624919
P.268	6675.000	25.00	561.25	0.09	13954.394	2.157	3097031	624921
P.269	6700.000	25.00	653.09	0.08	16243.282	2.053	3113274	624923
P.270	6725.000	25.00	719.28	0.08	17902.613	2.045	3131177	624925
P.271	6750.000	25.00	758.68	0.08	18899.997	2.031	3150077	624927
P.272	6775.000	25.00	765.76	0.08	19096.770	1.967	3169174	624929
P.273	6800.000	25.00	715.96	0.08	17870.697	1.939	3187044	624931
P.274	6825.000	25.00	620.04	0.08	15484.254	1.947	3202529	624933
P.275	6850.000	25.00	504.98	0.07	12609.203	1.864	3215138	624935
P.276	6875.000	25.00	382.24	0.08	9550.985	1.880	3224689	624937
P.277	6900.000	25.00	241.04	0.08	6026.841	2.029	3230716	624939
P.278	6925.000	25.00	174.88	0.08	4371.515	1.983	3235087	624941
P.279	6950.000	25.00	132.75	0.08	3314.480	2.024	3238402	624943
P.280	6975.000	25.00	12.39	0.08	309.509	1.993	3238711	624945
P.281	7000.000	25.00	0.00	21.21	0.000	531.756	3238711	625477
P.282	7025.000	25.00	0.00	55.64	0.000	1392.042	3238711	626869
P.283	7050.000	25.00	0.00	112.71	0.000	2822.794	3238711	629692
P.284	7075.000	25.00	0.00	277.14	0.000	6924.585	3238711	636616
P.285	7100.000	25.00	0.00	259.08	0.000	6498.069	3238711	643114
P.286	7125.000	25.00	0.00	177.84	0.000	4461.425	3238711	647576
P.287	7150.000	25.00	0.00	137.77	0.000	3456.573	3238711	651032
P.288	7175.000	25.00	0.00	123.63	0.000	3097.607	3238711	654130
P.289	7200.000	25.00	0.00	122.98	0.000	3078.230	3238711	657208
P.290	7225.000	25.00	0.00	133.72	0.000	3343.750	3238711	660552
P.291	7250.000	25.00	0.00	190.74	0.000	4771.263	3238711	665323
P.292	7275.000	25.00	0.00	341.32	0.000	8534.115	3238711	673857
P.293	7300.000	25.00	0.00	451.10	0.000	11277.454	3238711	685135
P.294	7325.000	25.00	0.00	442.45	0.000	11061.307	3238711	696196
P.295	7350.000	25.00	0.00	448.73	0.000	11218.014	3238711	707414
P.296	7375.000	25.00	0.00	341.73	0.000	8543.958	3238711	715958
P.297	7400.000	25.00	0.00	315.21	0.000	7908.221	3238711	723866
P.298	7425.000	25.00	0.00	225.85	0.000	5702.590	3238711	729569
P.299	7450.000	25.00	0.00	102.24	0.000	2589.985	3238711	732159
P.300	7475.000	25.00	44.49	13.67	1071.569	349.897	3239783	732509
P.301	7500.000	25.00	149.35	0.09	3728.409	2.169	3243511	732511
P.302	7525.000	25.00	248.91	0.09	6191.747	2.155	3249703	732513
P.303	7550.000	25.00	344.22	0.08	8509.317	2.081	3258212	732515
P.304	7575.000	25.00	479.79	0.09	11900.985	2.075	3270113	732517
P.305	7600.000	25.00	599.53	0.09	14861.639	2.128	3284975	732519
P.306	7625.000	25.00	784.84	0.09	19402.283	2.109	3304377	732521
P.307	7650.000	25.00	1035.97	0.09	25500.494	2.057	3329878	732523
P.308	7675.000	25.00	1231.64	0.08	30282.725	1.918	3360160	732525
P.309	7700.000	25.00	1383.67	0.10	34027.826	2.278	3394188	732528
P.310	7725.000	25.00	1537.10	0.09	37782.455	2.194	3431971	732530
P.311	7750.000	25.00	1666.49	0.09	40963.726	2.039	3472934	732532
P.312	7775.000	25.00	1747.61	0.09	42953.579	2.030	3515888	732534

ANNEXE

P.313	7800.000	25.00	1730.99	0.08	42565.502	1.923	3558453	732536
P.314	7825.000	25.00	1657.90	0.10	40806.122	2.256	3599259	732538
P.315	7850.000	25.00	1506.85	0.08	37109.250	1.980	3636369	732540
P.316	7875.000	25.00	1324.58	0.09	32619.259	2.064	3668988	732542
P.317	7900.000	25.00	1105.66	0.09	27209.918	2.123	3696198	732544
P.318	7925.000	25.00	906.65	0.09	22257.482	2.116	3718455	732546
P.319	7950.000	25.00	756.84	0.08	18565.904	1.988	3737021	732548
P.320	7975.000	25.00	620.21	0.08	15227.360	1.957	3752249	732550
P.321	8000.000	25.00	476.06	0.08	11691.333	2.023	3763940	732552
P.322	8025.000	25.00	375.01	0.08	9254.915	2.044	3773195	732554
P.323	8050.000	25.00	268.48	0.08	6650.675	2.043	3779846	732556
P.324	8075.000	25.00	145.55	5.45	3589.736	145.929	3783435	732702
P.325	8100.000	25.00	67.23	2.57	1640.001	66.172	3785075	732769
P.326	8125.000	25.00	40.22	23.50	972.138	600.587	3786047	733369
P.327	8150.000	25.00	29.72	41.43	712.855	1062.186	3786760	734431
P.328	8175.000	25.00	0.00	87.66	0.000	2227.334	3786760	736659
P.329	8200.000	25.00	0.00	116.36	0.000	2967.059	3786760	739626
P.330	8225.000	25.00	0.00	114.89	0.000	2930.392	3786760	742556
P.331	8250.000	25.00	0.00	138.18	0.000	3506.573	3786760	746063
P.332	8275.000	25.00	0.00	150.85	0.000	3832.839	3786760	749896
P.333	8300.000	25.00	0.00	161.92	0.000	4102.871	3786760	753998
P.334	8325.000	25.00	0.00	134.09	0.000	3381.768	3786760	757380
P.335	8350.000	25.00	0.02	112.20	0.388	2813.332	3786761	760193
P.336	8375.000	25.00	0.00	128.88	0.000	3237.182	3786761	763431
P.337	8400.000	25.00	0.00	133.26	0.000	3346.300	3786761	766777
P.338	8425.000	25.00	0.00	174.08	0.000	4371.301	3786761	771148
P.339	8450.000	25.00	0.00	187.70	0.000	4712.460	3786761	775861
P.340	8475.000	25.00	0.00	208.74	0.000	5238.212	3786761	781099
P.341	8500.000	25.00	0.00	232.35	0.000	5826.376	3786761	786925
P.342	8525.000	25.00	0.00	247.45	0.000	6205.330	3786761	793131
P.343	8550.000	25.00	0.00	285.24	0.000	7154.098	3786761	800285
P.344	8575.000	25.00	0.00	315.47	0.000	7908.595	3786761	808193
P.345	8600.000	25.00	0.00	358.02	0.000	8970.824	3786761	817164
P.346	8625.000	25.00	0.00	389.64	0.000	9757.670	3786761	826922
P.347	8650.000	25.00	0.00	376.70	0.000	9431.787	3786761	836354
P.348	8675.000	25.00	0.00	346.68	0.000	8680.066	3786761	845034
P.349	8700.000	25.00	0.00	317.78	0.000	7954.154	3786761	852988
P.350	8725.000	25.00	0.00	296.87	0.000	7431.119	3786761	860419
P.351	8750.000	25.00	0.00	320.75	0.000	8018.737	3786761	868438
P.352	8775.000	25.00	0.00	294.85	0.000	7369.842	3786761	875808
P.353	8800.000	25.00	0.00	264.96	0.000	6622.450	3786761	882430
P.354	8825.000	25.00	0.00	241.36	0.000	6032.637	3786761	888463
P.355	8850.000	25.00	0.00	230.26	0.000	5753.467	3786761	894216
P.356	8875.000	25.00	0.00	209.20	0.000	5224.836	3786761	899441
P.357	8900.000	25.00	0.00	194.02	0.000	4845.468	3786761	904286
P.358	8925.000	25.00	0.00	214.80	0.000	5364.778	3786761	909651
P.359	8950.000	25.00	0.00	208.25	0.000	5196.884	3786761	914848
P.360	8975.000	25.00	0.00	152.09	0.000	3795.524	3786761	918644
P.361	9000.000	25.00	0.00	121.43	0.000	3029.861	3786761	921673
P.362	9025.000	25.00	0.00	103.60	0.000	2583.591	3786761	924257
P.363	9050.000	25.00	0.00	88.55	0.000	2207.027	3786761	926464
P.364	9075.000	25.00	0.00	77.42	0.000	1928.693	3786761	928393
P.365	9100.000	25.00	0.00	64.83	0.000	1615.842	3786761	930009
P.366	9125.000	25.00	27.39	22.53	690.569	560.533	3787451	930569
P.367	9150.000	25.00	76.43	0.40	1919.424	9.959	3789371	930579
P.368	9175.000	25.00	150.48	30.65	3779.279	755.333	3793150	931334
P.369	9200.000	25.00	278.07	1.05	6972.008	25.891	3800122	931360

ANNEXE

P.370	9225.000	25.00	407.24	0.09	10209.227	2.295	3810331	931363
P.371	9250.000	25.00	481.86	0.09	12095.424	2.225	3822427	931365
P.372	9275.000	25.00	537.42	0.09	13501.165	2.226	3835928	931367
P.373	9300.000	25.00	530.37	0.11	13320.915	2.764	3849249	931370
P.374	9325.000	25.00	508.35	0.09	12764.891	2.378	3862014	931372

P.375	9350.000	25.00	408.37	0.10	10246.479	2.405	3872260	931375
P.376	9375.000	25.00	321.76	0.09	8069.070	2.342	3880329	931377
P.377	9400.000	25.00	324.88	0.80	8159.058	19.822	3888488	931397
P.378	9425.000	25.00	408.93	0.09	10264.258	2.329	3898752	931399
P.379	9450.000	25.00	574.41	0.09	14425.811	2.163	3913178	931401
P.380	9475.000	25.00	604.34	0.09	15169.838	2.206	3928348	931403
P.381	9500.000	25.00	575.41	0.08	14446.628	2.146	3942795	931406
P.382	9525.000	25.00	512.68	0.09	12874.708	2.219	3955669	931408
P.383	9550.000	25.00	414.87	0.08	10404.310	1.994	3966074	931410
P.384	9575.000	25.00	231.09	0.09	5787.442	2.180	3971861	931412
P.385	9600.000	25.00	89.46	0.09	2245.674	2.194	3974107	931414
P.386	9625.000	25.00	26.50	14.87	667.907	369.985	3974775	931784
P.387	9650.000	25.00	0.00	86.71	0.000	2164.378	3974775	933949
P.388	9675.000	25.00	0.00	167.21	0.000	4177.736	3974775	938126
P.389	9700.000	25.00	0.00	237.13	0.000	5926.029	3974775	944052
P.390	9725.000	25.00	0.00	274.22	0.000	6853.770	3974775	950906
P.391	9750.000	25.00	0.00	293.24	0.000	7331.140	3974775	958237
P.392	9775.000	25.00	0.00	315.24	0.000	7880.557	3974775	966118
P.393	9800.000	25.00	0.00	322.71	0.000	8065.107	3974775	974183
P.394	9825.000	25.00	0.00	342.89	0.000	8570.082	3974775	982753
P.395	9850.000	25.00	0.00	417.79	0.000	10444.101	3974775	993197
P.396	9875.000	25.00	0.00	473.85	0.000	11844.886	3974775	1005042
P.397	9900.000	25.00	0.00	488.83	0.000	12219.850	3974775	1017262
P.398	9925.000	25.00	0.00	514.73	0.000	12877.332	3974775	1030139
P.399	9950.000	25.00	0.00	417.73	0.000	10443.312	3974775	1040582
P.400	9975.000	25.00	0.00	330.02	0.000	8250.621	3974775	1048833
P.401	10000.000	25.00	0.00	310.08	0.000	7752.095	3974775	1056585
P.402	10025.000	25.00	0.00	259.56	0.000	6488.966	3974775	1063074
P.403	10050.000	25.00	0.00	173.69	0.000	4342.130	3974775	1067416
P.404	10075.000	25.00	0.00	115.39	0.000	2884.715	3974775	1070301
P.405	10100.000	25.00	0.00	111.52	0.000	2788.007	3974775	1073089
P.406	10125.000	25.00	0.00	108.34	0.000	2708.430	3974775	1075797
P.407	10150.000	25.00	0.00	110.77	0.000	2769.370	3974775	1078567
P.408	10175.000	25.00	0.00	112.77	0.000	2819.192	3974775	1081386
P.409	10200.000	25.00	0.00	111.29	0.000	2782.369	3974775	1084168
P.410	10225.000	25.00	0.00	105.55	0.000	2638.628	3974775	1086807
P.411	10250.000	25.00	0.00	87.71	0.000	2192.805	3974775	1089000
P.412	10275.000	25.00	0.00	55.65	0.000	1391.189	3974775	1090391
P.413	10300.000	25.00	0.00	23.09	0.000	577.159	3974775	1090968
P.414	10325.000	25.00	31.81	0.08	795.130	1.989	3975570	1090970
P.415	10350.000	25.00	117.82	0.08	2945.398	1.992	3978515	1090972
P.416	10375.000	25.00	165.65	0.08	4141.259	2.018	3982657	1090974
P.417	10400.000	25.00	197.19	0.08	4929.781	2.034	3987586	1090976
P.418	10425.000	25.00	243.61	0.08	6090.198	1.994	3993677	1090978
P.419	10450.000	25.00	273.78	0.08	6844.466	1.967	4000521	1090980
P.420	10475.000	25.00	277.64	0.08	6940.930	1.961	4007462	1090982
P.421	10500.000	17.37	269.80	0.08	4687.663	1.414	4012150	1090983
P.422	10509.749	4.87	262.01	0.08	1277.127	0.382	4013427	1090984

ANNEXE

IV. LISTING CARREFOUR GIRATOIRE

Carrefour giratoire : Giratoire

Géométrie de l'anneau(giratoire1)	
Coordonnées du centre	X= 366354.961 m
	Y= 4052092.263 m
Rayon extérieur	20.000 m
Rayon intérieur	13.000 m
Largeur d'anneau	7.000 m
Surlargeur franchissable	0.000 m
Distance marquage extérieur	0.500 m
Distance marquage intérieur	0.500 m

Géométrie de la branche 'Branche3' (1)			
Point de référence	X= 366354.961 m	Angle	349.264 gr
	Y= 4052092.263 m		
Triangle de construction	Ilot central		
Hauteur	20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m
Base	5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m
Déport	0.450 m	Distance de marquage	0.500 m
Caractéristiques des voies	Entrée		Sortie
Rayon de raccord sur anneau	15.000 m		20.000 m
Largeur voie sur anneau	4.000 m		4.500 m
Largeur voie courante	3.500 m		3.500 m
Rayon de raccord sur voie courante	--- m		--- m
Terre-plein	0.000 m		0.000 m
Distance départ passage piéton	4.000 m		4.000 m
Largeur passage piéton	4.000 m		4.000 m
Branche courbe sur voie existante			
Point sur voie existante	X= 366319.858 m	Angle	186.656 gr
	Y= 4052163.259 m		

Géométrie de la branche 'Branche4' (2)			
Point de référence	X= 366354.961 m	Angle	218.649 gr
	Y= 4052092.263 m		
Triangle de construction	Ilot central		
Hauteur	20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m
Base	5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m
Déport	0.450 m	Distance de marquage	0.500 m
Caractéristiques des voies	Entrée		Sortie
Rayon de raccord sur anneau	15.000 m		20.000 m
Largeur voie sur anneau	4.000 m		4.500 m
Largeur voie courante	5.000 m		5.000 m
Rayon de raccord sur voie courante	--- m		--- m
Terre-plein	0.000 m		0.000 m
Distance départ passage piéton	4.000 m		4.000 m
Largeur passage piéton	4.000 m		4.000 m
Branche courbe sur voie existante			
Point sur voie existante	X= 366353.852 m	Angle	379.576 gr
	Y= 4052024.251 m		

Géométrie de la branche 'Branche2' (3)

ANNEXE

Point de référence	X=	366354.961 m	Angle	131.232 gr
	Y=	4052092.263 m		
Triangle de construction			Ilot central	
Hauteur		20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m
Base		5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m
Déport		0.450 m	Distance de marquage	0.500 m
Caractéristiques des voies			Entrée	Sortie
Rayon de raccord sur anneau			15.000 m	20.000 m
Largeur voie sur anneau			4.000 m	4.500 m
Largeur voie courante			3.500 m	3.500 m
Rayon de raccord sur voie courante			--- m	--- m
Terre-plein			0.000 m	0.000 m
Distance départ passage piéton			4.000 m	4.000 m
Largeur passage piéton			4.000 m	4.000 m
Branche courbe sur voie existante				
Point sur voie existante	X=	366457.830 m	Angle	347.505 gr
	Y=	4052009.471 m		

Géométrie de l'anneau (giratoire2)		
Coordonnées du centre	X=	366504.564 m
	Y=	4052269.371 m
Rayon extérieur		20.000 m
Rayon intérieur		13.000 m
Largeur d'anneau		7.000 m
Surlargeur franchissable		0.000 m
Distance marquage extérieur		0.500 m
Distance marquage intérieur		0.500 m

Géométrie de la branche 'Branche4' (1)				
Point de référence	X=	366504.564 m	Angle	67.072 gr
	Y=	4052269.371 m		
Triangle de construction			Ilot central	
Hauteur		20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m
Base		5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m
Déport		0.450 m	Distance de marquage	0.500 m
Caractéristiques des voies			Entrée	Sortie
Rayon de raccord sur anneau			15.000 m	20.000 m
Largeur voie sur anneau			4.000 m	4.500 m
Largeur voie courante			5.000 m	5.000 m
Rayon de raccord sur voie courante			--- m	--- m
Terre-plein			0.000 m	0.000 m
Distance départ passage piéton			4.000 m	4.000 m
Largeur passage piéton			4.000 m	4.000 m
Branche courbe sur voie existante				
Point sur voie existante	X=	366585.954 m	Angle	295.526 gr
	Y=	4052292.264 m		

Géométrie de la branche 'Branche3' (2)				
Point de référence	X=	366504.564 m	Angle	339.354 gr
	Y=	4052269.371 m		
Triangle de construction			Ilot central	
Hauteur		20.000 m	Rayon de raccord	0.400 m
Base		5.000 m	Distance de l'anneau	1.000 m
Déport		0.450 m	Distance de marquage	0.500 m
Caractéristiques des voies			Entrée	Sortie

ANNEXE

Rayon de raccord sur anneau		15.000 m	20.000 m
Largeur voie sur anneau		4.000 m	4.500 m
Largeur voie courante		3.500 m	3.500 m
Rayon de raccord sur voie courante		--- m	--- m
Terre-plein		0.000 m	0.000 m
Distance départ passage piéton		4.000 m	4.000 m
Largeur passage piéton		4.000 m	4.000 m
Branche courbe sur voie existante			
Point sur voie existante	X=	366405.055 m	Angle
	Y=	4052292.798 m	Rayon de raccordement
			101.053 gr
			59.561 m

Géométrie de la branche 'Branche2' (3)			
Point de référence	X=	366504.564 m	Angle
	Y=	4052269.371 m	
			159.369 gr
Triangle de construction		Ilot central	
Hauteur		20.000 m	Rayon de raccord
			0.400 m
Base		5.000 m	Distance de l'anneau
			1.000 m
Déport		0.450 m	Distance de marquage
			0.500 m
Caractéristiques des voies		Entrée	Sortie
Rayon de raccord sur anneau		15.000 m	20.000 m
Largeur voie sur anneau		4.000 m	4.500 m
Largeur voie courante		3.500 m	3.500 m
Rayon de raccord sur voie courante		80.000 m	80.000 m
Terre-plein		0.000 m	0.000 m
Distance départ passage piéton		4.000 m	4.000 m
Largeur passage piéton		4.000 m	4.000 m

Listing des bretelles

Axe En Plan (bretelle 1)					
Elt's Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Clothoïde 1	Paramètre 35.000	12.250	0.000	366405.088	4052058.218
Arc 1	Rayon 100.000 m	37.814	12.250	366414.273	4052050.116
	Centre X 366477.308 m				
	Centre Y 4052127.747 m				
Clothoïde 2	Paramètre -35.000	12.250	50.064	366447.387	4052032.328
Droite 1	Gisement 115.4456 g	26.330	62.314	366459.214	4052029.144
Clothoïde 3	Paramètre -50.000	20.833	88.643	366484.772	4052022.818
Arc 2	Rayon -120.000 m	1.025	109.477	366504.835	4052017.232
	Centre X 366466.016 m				
	Centre Y 4051903.685 m				
Clothoïde 4	Paramètre 50.000	20.833	110.502	366505.804	4052016.896
Droite 2	Gisement 127.0417 g	92.923	131.335	366525.020	4052008.866
Clothoïde 5	Paramètre -50.000	20.833	224.258	366609.685	4051970.571
Arc 3	Rayon -120.000 m	43.607	245.091	366628.404	4051961.443
	Centre X 366569.658 m				
	Centre Y 4051856.806 m				
Clothoïde 6	Paramètre 50.000	20.833	288.698	366661.761	4051933.729
			309.532	366665.877	4051928.546
Longueur totale de l'axe 309.532 mètre(s)					

Axe En Plan (bretelle 2)					
Elt's Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Clothoïde 1	Paramètre 35.000	12.250	0.000	366326.274	4052133.100

ANNEXE

Arc 1	Rayon	100.000 m	54.087	12.250	366323.481	4052145.025
	Centre X	366227.127 m				
	Centre Y	4052118.270 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-35.000	12.250	66.337	366295.952	4052190.817
Droite 1	Gisement	344.4248 g	51.454	78.587	366286.730	4052198.877
Arc 2	Rayon	332.433 m	28.466	130.041	366247.304	4052231.939
	Centre X	366033.699 m				
	Centre Y	4051977.214 m				
Droite 2	Gisement	338.9734 g	158.492	158.507	366224.735	4052249.274
Clothoïde 3	Paramètre	50.000	20.833	316.999	366095.027	4052340.354
Arc 3	Rayon	120.000 m	16.639	337.832	366077.644	4052351.824
	Centre X	366017.458 m				
	Centre Y	4052248.008 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-50.000	20.833	354.471	366062.717	4052359.146
Droite 3	Gisement	319.0936 g	63.426	375.305	366043.007	4052365.872
Arc 4	Rayon	-528.418 m	123.599	438.730	365982.413	4052384.611
	Centre X	366138.531 m				
	Centre Y	4052889.440 m				
Droite 4	Gisement	333.9844 g	12.196	562.330	365869.656	4052434.543
				574.525	365859.157	4052440.748
Longueur totale de l'axe 574.525 mètre(s)						

Axe En Plan (bretelle 3)					
EltS Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 159.3689 g	79.662	0.000	366534.172	4052229.456
Clothoïde 1	Paramètre -50.000	20.833	79.662	366581.633	4052165.476
Arc 1	Rayon -120.000 m	8.444	100.495	366593.552	4052148.397
	Centre X 366491.338 m				
	Centre Y 4052085.529 m				
Clothoïde 2	Paramètre 50.000	20.833	108.939	366597.719	4052141.055
Droite 2	Gisement 174.9009 g	128.288	129.772	366606.272	4052122.066
Arc 2	Rayon 461.281 m	35.885	258.061	366655.550	4052003.620
	Centre X 367081.442 m				
	Centre Y 4052180.808 m				
			293.946	366670.608	4051971.057
Longueur totale de l'axe 293.946 mètre(s)					

Axe En Plan (bretelle 4)					
EltS Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 301.0527 g	24.838	0.000	366454.731	4052291.976
Clothoïde 1	Paramètre 46.073	17.690	24.838	366429.896	4052292.387
Arc 1	Rayon 120.000 m	5.095	42.528	366412.211	4052292.245
	Centre X 366419.068 m				
	Centre Y 4052172.441 m				
Clothoïde 2	Paramètre -30.000	7.500	47.623	366407.133	4052291.846
Droite 2	Gisement 291.6681 g	11.980	55.123	366399.687	4052290.945
Clothoïde 3	Paramètre -34.991	10.203	67.103	366387.810	4052289.381
Arc 2	Rayon -120.000 m	45.651	77.306	366377.677	4052288.193
	Centre X 366367.087 m				
	Centre Y 4052407.725 m				
Clothoïde 4	Paramètre 34.991	10.203	122.957	366332.536	4052292.807
Droite 3	Gisement 321.2994 g	71.977	133.160	366322.853	4052296.020
Clothoïde 5	Paramètre -34.991	10.203	205.137	366254.867	4052319.654
Clothoïde 6	Paramètre 34.991	10.203	215.340	366245.279	4052323.141
Droite 4	Gisement 326.7124 g	20.608	225.543	366235.904	4052327.165

ANNEXE

Arc 3	Rayon	697.070 m	66.448	246.151	366217.083	4052335.560
	Centre X	365933.102 m				
	Centre Y	4051698.959 m				
Droite 5	Gisement	320.6438 g	36.203	312.599	366155.202	4052359.699
Arc 4	Rayon	38.573 m	0.999	348.802	366120.886	4052371.234
	Centre X	366108.596 m				
	Centre Y	4052334.672 m				
Droite 6	Gisement	318.9949 g	134.805	349.801	366119.935	4052371.540
Arc 5	Rayon	-184.902 m	9.144	484.606	365991.086	4052411.168
	Centre X	366045.440 m				
	Centre Y	4052587.900 m				
Droite 7	Gisement	322.1433 g	20.228	493.751	365982.415	4052414.071
				513.979	365963.398	4052420.966
Longueur totale de l'axe 513.979 mètre(s)						

Listing du rétablissement au niveau de l'échangeur

Axe En Plan (grand rétablissement)						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Clothoïde 1	Paramètre	50.000	20.833	0.000	366351.856	4052030.255
Arc 1	Rayon	120.000 m	44.150	20.833	366358.993	4052010.689
	Centre X	366469.161 m				
	Centre Y	4052058.260 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-50.000	20.833	64.983	366383.476	4051974.248
Droite 1	Gisement	145.1015 g	259.521	85.817	366398.892	4051960.245
Clothoïde 3	Paramètre	-50.000	20.833	345.337	366595.964	4051791.386
Arc 2	Rayon	-120.000 m	79.274	366.171	366610.991	4051776.967
	Centre X	366523.041 m				
	Centre Y	4051695.329 m				
Clothoïde 4	Paramètre	50.000	20.833	445.445	366642.581	4051705.824
Droite 2	Gisement	199.9514 g	80.425	466.279	366643.199	4051685.007
Clothoïde 5	Paramètre	120.000	48.000	546.704	366643.261	4051604.582
Arc 3	Rayon	300.000 m	57.941	594.704	366644.577	4051556.613
	Centre X	366943.599 m				
	Centre Y	4051580.816 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-120.000	48.000	652.644	366654.782	4051499.670
Droite 3	Gisement	177.4701 g	291.257	700.644	366670.206	4051454.230
				991.902	366771.143	4051181.022
Longueur totale de l'axe 991.902 mètre(s)						

Axe En Plan (petit rétablissement)						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement	89.2639 g	2.526	0.000	366548.034	4052288.940
Clothoïde 1	Paramètre	-25.000	10.417	2.526	366550.524	4052289.364
Arc 1	Rayon	-60.000 m	15.403	12.943	366560.836	4052290.814
	Centre X	366565.741 m				
	Centre Y	4052231.015 m				
Clothoïde 2	Paramètre	25.000	10.417	28.346	366576.181	4052290.100
Droite 2	Gisement	116.6596 g	4.070	38.763	366586.313	4052287.698
Clothoïde 3	Paramètre	-25.000	10.417	42.833	366590.244	4052286.645
Arc 2	Rayon	-60.000 m	30.284	53.250	366600.221	4052283.661
	Centre X	366579.732 m				
	Centre Y	4052227.268 m				
Clothoïde 4	Paramètre	25.000	10.417	83.534	366624.936	4052266.721
Droite 3	Gisement	164.8219 g	53.407	93.950	366631.318	4052258.493

ANNEXE

Clothoïde 5	Paramètre	30.000	11.250	147.357	366659.350	4052213.034
Arc 3	Rayon	80.000 m	58.779	158.607	366665.477	4052203.602
	Centre X	366730.452 m				
	Centre Y	4052250.272 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-30.000	11.250	217.386	366713.527	4052172.083
Droite 4	Gisement	109.0949 g	3.799	228.636	366724.620	4052170.221
Clothoïde 7	Paramètre	15.000	5.625	232.434	366728.380	4052169.680
Arc 4	Rayon	40.000 m	30.457	238.059	366733.963	4052169.010
	Centre X	366736.863 m				
	Centre Y	4052208.905 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-15.000	5.625	268.516	366762.289	4052178.027
Droite 5	Gisement	51.6691 g	3.163	274.141	366766.458	4052181.801
Clothoïde 9	Paramètre	25.000	10.417	277.304	366768.753	4052183.978
Arc 5	Rayon	60.000 m	23.442	287.721	366776.096	4052191.361
	Centre X	366731.179 m				
	Centre Y	4052231.141 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-25.000	10.417	311.163	366787.861	4052211.465
Droite 6	Gisement	15.7441 g	23.401	321.579	366790.701	4052221.484
				344.980	366796.429	4052244.172
Longueur totale de l'axe 344.980 mètre(s)						

Listing du retablissement1 de la RN21

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	44.0758 g	70.571	0.000	365943.402	4048190.580
Clothoïde 1	Paramètre	110.000	40.333	70.571	365988.451	4048244.902
Arc 1	Rayon	300.000 m	25.915	110.904	366013.490	4048276.511
	Centre X	365770.222 m				
	Centre Y	4048452.069 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-110.000	40.333	136.820	366027.730	4048298.154
Droite 2	Gisement	30.0174 g	243.795	177.153	366046.847	4048333.660
Clothoïde 3	Paramètre	50.000	20.833	420.948	366157.587	4048550.853
Arc 2	Rayon	120.000 m	111.816	441.781	366166.506	4048569.672
	Centre X	366055.277 m				
	Centre Y	4048614.707 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-50.000	20.833	553.598	366157.762	4048677.132
Droite 3	Gisement	359.6447 g	70.526	574.431	366145.918	4048694.262
Clothoïde 5	Paramètre	-50.000	20.833	644.957	366104.146	4048751.086
Arc 3	Rayon	-120.000 m	146.446	665.790	366092.301	4048768.217
	Centre X	366194.786 m				
	Centre Y	4048830.642 m				
Clothoïde 6	Paramètre	50.000	20.833	812.236	366100.973	4048905.469
Droite 4	Gisement	48.3891 g	16.200	833.069	366114.879	4048920.972
Clothoïde 7	Paramètre	120.000	48.000	849.269	366126.040	4048932.713
Arc 4	Rayon	300.000 m	42.730	897.269	366158.163	4048968.361
	Centre X	365924.909 m				
	Centre Y	4049157.021 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-125.418	52.432	939.999	366182.582	4049003.383
Clothoïde 9	Paramètre	-125.418	52.432	992.431	366206.758	4049049.888
Arc 5	Rayon	-300.000 m	35.550	1044.864	366230.934	4049096.394
	Centre X	366488.607 m				
	Centre Y	4048942.756 m				
Clothoïde 10	Paramètre	120.000	48.000	1080.413	366250.905	4049125.779
Droite 5	Gisement	46.8654 g	90.301	1128.413	366282.165	4049162.186
				1218.714	366342.797	4049229.104

ANNEXE

Longueur totale de l'axe 1218.714 mètre(s)

Listing de la voie de détresse 1 :

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement	11.3330 g	579.373	0.000	366483.272	4049397.269
				579.373	366585.867	4049967.486
Longueur totale de l'axe 579.373 mètre(s)						

Listing de la voie de détresse 2 :

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques			Points de Contacts			
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement	14.3420 g	275.714	0.000	366820.017	4050797.374
				275.714	366881.607	4051066.122
Longueur totale de l'axe 275.714 mètre(s)						