

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Civil engineering department



N° d'ordre : M...../GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et Ouvrages d'Arts (VOA)

Thème

ETUDE DE LA PENETRANTE DE RELIZANE SUR 70 KMS
LOT N° 01: DU PK 0+000 AU PK 06+000

Présenté par :

- Mr MACHID ELHABIB.
- Mr KRALIFA ABDERRAZEK.

Soutenu le 23 /06/ 2022 devant le jury composé de :

Président :	Mr MEBROUKI Abdelkader	Professeur	UMAB	Mostaganem
Examineur :	Mr TALIA Ahmed	MAA	UMAB	Mostaganem
Invité :	Mr BOUARFA Zohir	MAA	UMAB	Mostaganem
Encadrant :	Mr ROUAM SERIK Mohamed	MAA	UMAB	Mostaganem

Année Universitaire : 2021 / 2022

إهداء

اللهم لك الحمد ربنا يا من مننت علينا بنعمة العلم ويسرت لنا سبله ويسرت لنا من

يعيننا على تحصيله وعلمتنا ما لم نعلم.

إلى التي فرشت عباءتها بينبوع الرحمة والبركة، الشمعة المنيرة لي في هذا الوجود، التي وهبتني

حياتها وسهرت الليالي من أجل تربيّتي: "أمّ الحبيبة أم الجيلالي".

إلى أعزّ ما ينطق به اللسان ويهتف به القلب، من علمني معنى التحديّ في الحياة

المرحوم أبي الغالي عبد القادر.

إلى شريكتي في الحياة وسندي في مواجهة نكبات الدهر زوجتي الغالية

إلى إبنتي غفران وولدي أشرف حفظهما الله وإلى جميع إخوتي وأخواتي وأبنائهم

إلى زميلي في المذكرة مشيد الحبيب وعائلته الكريمة

إلى جميع عمال مديرية الأشغال العمومية لولاية غليزان عامة والقسم الفرعي للأشغال

العمومية لدائرة المطمر على وجه الخصوص.

إلى زملاء الدراسة دفعة 2022 تخصص هندسة مدنية - جامعة مستغانم

عبد الرزاق

إهداء

إلهي، لا تطيب الدنيا إلا بذكرك... ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك
وكرمك... ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك.
فالحمد لله حق حمده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده.
أهدي هذا العمل إلى ينبوع المعاني الرقيقة... وجودك في حياتي...
كالقمر في الليلة الظلماء... وأنت سبيلي لرضي رب السماء... إلى القلب الذي لا يمل
العطاء... إلى أمي الحبيبة.
إلى من كلله الله بالهبة والوقار... إلى من علمني العطاء بدون انتظار... إلى من
أحمل اسمه بكل افتخار... إلى أبي العزيز.
إلى زوجتي العزيزة، وإلى ابنتي الغالية نور الإيمان، أطال الله في عمرك ووفقك إلى
ما فيه رضاها إلى إخوتي وأخواتي وجميع العائلة الكريمة
إلى زميلي في المذكرة كرايفة عبد الرزاق وعائلته الكريمة
إلى كل زملائي في العمل وبالأخص لعدي محمد
إلى زملاء الدراسة دفعة 2022 تخصص هندسة مدنية - جامعة مستغانم

الحبيب

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à nos encadrant **MR ROUAM SERIK MOHAMED** pour nous avoir guidés dans la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté.

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- **Mr MEBROUKI ABDELKADER**
- **Mr TALIA AHMED**
- **Mr BOUARFA ZOHIR**

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et qui nous feront le plaisir d'apprécier

Nos plus grands remerciements vont:

- Au D.T.P de RELIZANE.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici notre profonde gratitude.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

CHAPITRE I : Présentation du projet

I.1.Introduction.....	02
I.2.Objectif du projet	02
I.3.L' autoroute est – ouest	02
I.4.Présentation de wilaya	02
I.5.Le réseau routier.....	03
I.6.Situation de la région d'étude	03
I.7.Description de la zone d'étude.....	04
I.8.Conclusion.....	07

CHAPITRE II : Normes géométrique et données de bases

II.1. Introduction.....	08
II.2. Conception générale.....	08
II.3. Visibilité	09
II.4. Environnement de la route	09
II.5. La dénivelée cumulée moyenne	09
II.6. Sinuosité.....	16
II.7. Catégorie de la route	17
II. 8. La vitesse de référence.....	18
II. 9. Conclusion.....	19

CHAPITRE III : Etude cinématique

III.1. Paramètre cinématique.....	20
III.2. Distance de freinage.....	20
III.3. Temps de réaction.....	21
III.4. Distance d'arrêt.....	22
III.5. Manœuvre de dépassement	23
III.6. Espacement entre deux véhicules.....	24
III.7. Application au projet	24

CHAPITRE IV : Tracé en plan

IV.1. Introduction.....	26
IV.2. Règles et principes de tracé en plan.....	26
IV.3. Géométrie en plan	26
IV.4. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan	29
IV.5. Vérification de non chevauchement	31
IV.6. Application au projet	33

CHAPITRE V: Profil en long

V.1. Définition.....	35
V.2. Règles à respecter Dans le trace du profil en long	35
V.3. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	35
V.4. Eléments géométriques du profil en long	36
V.5. Valeurs limites	37
V.6. Détermination pratique du profil en long	38
V.7. Exemple de calcul du profil en long	40
V.8. Coordination entre le trace en plan et le profil en long	41

CHAPITRE VI: profil en travers

VI.1. Introduction.....	43
VI.2. Types de profils en travers.....	43
VI.3. Les éléments du profil en traverses	44
VI.4. Profils en travers au droit des ouvrages d'art	46
VI.5. Pentés transversales.....	47
VI.6. Profil en travers type du projet	47

CHAPITRE VII : Etude du trafic

VII.1. Introduction.....	49
VII.2. Analyse du trafic.....	49
VII.3. Différents type de trafic	49
VII.4. Modèles de présentation de trafic	50
VII.5. Calcul de la capacité	51
VII.6. Application au projet.....	53

CHAPITRE VIII: Etude géotechnique

VIII.1. Introduction.....	56
VIII.2. Les différents types des essais	56
VIII.3. Les différents essais en laboratoire.....	56
VIII.4. Les différents essais en place.....	63
VIII.5. Condition d'utilisation des sols en remblai.....	63

CHAPITRE IX: Dimensionnement du corps de chaussée

IX.1. Introduction.....	65
IX.2. La chaussée	65
IX.3. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée.....	67
IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement	68
IX.5. Application au projet	70
IX.6. Conclusion	76

CHAPITRE X: Assainissement

X.1. Introduction	77
X.2. Objectif de l'assainissement	77
X.3. Types de dégradation	77
X.4. Réseaux longitudinaux	78
X.5. Dispositions constructives	79
X.6. Dimensionnement de réseau d'assainissement	80
X.7. Application au projet	83

CHAPITRE XI: Calcul cubatures

XI.1. Introduction.....	90
XI.2. Généralités	90
XI.3. Les méthodes du calcul	90
XI.4. Description de la méthode	91
XI.5. Exemple d'application.....	92
XI.6. Calcul des cubatures de projet.....	92

CHAPITRE XII: Ouvrages d'arts

XII.1. Introduction.....	93
XII.2. Présentation de l'ouvrage	93
XII.3. Choix du type de l'ouvrage	93
XII.4. Conclusion	96

CHAPITRE XIII : Conception de l'échangeur

XIII.1. Définition de l'échangeur	97
XIII.2. Avantage de l'échangeur	97
XIII.3. Inconvénients de l'échangeur	97
XIII.4. Les différents types d'échangeurs	97
XIII.5. Eléments de l'échangeur	98
XIII.6. Choix du type de l'échangeur	99
XIII.7. Vitesse de référence	99
XIII. 8. Caractéristiques géométriques des bretelles.....	100
XIII. 9. Application au projet.....	103

CHAPITRE XIV: Impact sur l'environnement

XIV.1. Introduction.....	105
XIV.2. Cadre juridique	105
XIV.3. Objet de l'étude	105
XIV.4. Protection de l'environnement	106
XIV.5. Application au projet	107

CHAPITRE XV : Signalisation et éclairage

XV.1. Introduction	108
XV.2. Signalisation horizontale et verticale	108
XV.3. Interruption du terre-plein central (t.p.c).....	111
XV.4. Dispositifs de retenue	111
XV.5. Clôtures	112
XV.6. Application au projet	112
XV.7. Eclairage.....	117

CHAPITRE XVI : Devis quantitatif et estimatif

XVI : Devis quantitatif et estimatif	118
CONCLUSION GENERALE	120
BIBLIOGRAPHIE	121
ANNEXE	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Dénivelé de chaque profil	10
Tableau n° 2 : Détermination de la nature des terrains	15
Tableau n° 3 : Sinuosité	16
Tableau n° 4 : Environnement de la route	17
Tableau n° 5 : Vitesse de référence	18
Tableau n° 6 : Paramètres géométriques de l'autoroute	19
Tableau n° 7 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.....	21
Tableau n° 8 : Les valeurs du temps de perception réaction t	22
Tableau n° 9 : Lois de distance d'arrêt.....	23
Tableau n° 10 : Valeur de dvd, dvdN et dmd en fonction de la vitesse	23
Tableau n° 11 : Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan	28
Tableau n° 12 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan	28
Tableau n°13 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan	37
Tableau n°14 : les différentes valeurs relatives à notre projet	41
Tableau n° 15 : Coefficient d'équivalence « P ».....	52
Tableau n° 16 : Coefficient « K1 ».....	52
Tableau n° 17 : Coefficient « K2 ».....	52
Tableau n° 18 : Capacité théorique	53
Tableau n° 19 : Résultats de calcul de capacité.....	55
Tableau n°20 : l'analyse granulométrique.....	57
Tableau n°21 : Indice de plasticité.....	59
Tableau n°22 : Coefficient d'équivalence	69
Tableau n°23 : classification des réseaux principaux	72
Tableau n°24 : classes de trafic (TPLi)	73
Tableau n°25 : classes de portance des sols	73
Tableau n°26 : Les valeurs des modules	73
Tableau n°27 : choix de la couche de forme	74
Tableau n°28 : les coefficients de ruissellements	81
Tableau n°29 : valeurs des coefficients de rugosité pour différent ouvrage d'assainissement.....	81
Tableau n°30 : Valeur de coefficient de gauss en fonction de fréquence	82
Tableau n°31 : récapitulatif des buses	89
Tableau n°32 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan	100
Tableau n°33 : Dévers de la chaussée	102
Tableau n°34 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées	109

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : Carte réseau de la w.Relizane	03
Figure n° 2 : Situation de couloire	04
Figure n° 3 : Forêts	06
Figure n° 4: Distance de freinage	20
Figure n° 5 : Temps de réactions	21
Figure n° 6 : Distance d'arrêt	22
Figure n° 7 : Espacement entre véhicule	24
Figure n° 8: éléments du tracé en plan	27
Figure n° 9: Elément géométriques du profil en long	37
Figure n° 10: Différents types de profil en travers	43
Figure n° 11: Eléments constitutifs du profil en travers normal.....	44
Figure n° 12: Détail de terre-plein central (TPC)	44
Figure n° 13: Détail de profil en travers	48
Figure n° 14: Essai de Limites d'Atterberg	59
Figure n° 15: Essai au bleu de méthylène	60
Figure n° 16: Essai Proctor	61
Figure n° 17: Essai C.B.R	61
Figure n° 18: Appareil Micro-Deval	63
Figure n° 19: Les sections en travers d'un tracé donné	91
Figure n° 20: les positions des sections dans profil en long d'un tracé donné	91
Figure n° 21: Echangeur	104
Figure n° 22: Les lignes longitudinales (source S-H partie 1-7).....	112
Figure n° 23: Lignes transversales (source S -H partie 1-7).....	113
Figure n° 24: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé (source S -H partie 1-7).....	113
Figure n° 25: Avec affectation de voies	113
Figure n° 26: Sans affectation de voies	113
Figure n° 27: Même nombre de voies (source S -H partie 1-7).....	114
Figure n° 28: Nombre de voies inférieur (source S -H partie 1-7).....	114
Figure n° 29: Schéma de marquage avec hachures	114
Figure n° 30: Signalisation de direction	115
Figure n° 31: Plaque de signalisation à l'entrée de l'échangeur.....	116

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des couts 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 base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit pas défaut, soit pas saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire l'étude d'un tronçon de 06 KM de la pénétrante autoroutière sud qui reliant la wilaya de Tiaret à l'autoroute Est-Ouest sur 70 KM.

La pénétrante autoroutière rentre dans le cadre des mégas projet initié par l'état Algérien visant à prévoir un aménagement à long terme et dans le but de faire face à une demande de plus en plus croissante. L'objet de projet est de déterminer la faisabilité et l'opportunité d'un aménagement visant à relier la ville de TIARET à l'autoroute Est-ouest sans toucher aux réseaux existant et en évitent toutes les agglomérations.

PRÉSENTATION DE PROJET

1. INTRODUCTION :

Dans le cadre des efforts d'améliorations des conditions de circulation en matière de sécurité et d'écoulement du trafic et de son aptitude sur le réseau routier national, Le projet de la pénétrante Relizane sur 70 kilomètres reliant l'autoroute est-ouest au niveau de l'échangeur de HMADNA vers le sud à la limite de la wilaya de Tiaret.

Cette pénétrante traverse toute la wilaya de Relizane du nord au sud.

Le projet fait partie d'un ensemble de pénétrantes reliant l'autoroute Est-Ouest à la Rcade des Hauts Plateaux.

2. OBJECTIF DU PROJET:

L'objet de la présente étude est de chercher d'un nouvelle tracé qui commence fin pénétrante Mostaganem l'autoroute Est – Ouest dans le giratoire de Elhmadna vers Tiaret, il reste plus proche de la route RN 23. Et de s'approcher des grandes agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre Limite de wilaya de relizane et l'autoroute Est-Ouest.

3. L'AUTOROUTE EST – OUEST :

L'Autoroute Est – Ouest est une infrastructure située dans la partie nord du pays parcourant (depuis sa frontière Marocaine, côté Ouest, jusqu'à celle de la Tunisie, côté Est.) toute la largeur du pays, soit une distance de 1 216 kilomètres. Elle fait partie du programme de relance économique et sociale, à construire en site vierge, qui permet de régler les problèmes de congestion sur le réseau routier existant et de réduire le taux d'accidents. Elle constitue à moyen terme le trait d'union du Maghreb et plus tard, la ceinture rive sud de la méditerranée.

4. PRESENTATION DE WILAYA :

4.1 WILAYA DE RELIZANE : la wilaya de Relizane d'une superficie de 4872,32 km² issue du découpage de 1984, la wilaya occupe une position stratégique dans la région Nord-Ouest, Elle Constituée un carrefour d'échange socio-économique très important à l'échelle régionale et nationale et un passage obligatoire reliant à la fois l'ouest et le littoral au reste du pays. Située à 60 km du port de Mostaganem, à 120 km de l'aéroport international d'Oran et à 320 km d'Alger.

CHAPITRE I PRÉSENTATION DE PROJET

- ✓ à l'Est par le Douar Elbraidjia.
- ✓ et l'Ouest par DouarElcheraitia.

Cette partie s'intéresse à la localisation et la description de la zone d'étude, ainsi qu'à l'aspect topographique, climatique géologique, pédologique, hydrologique et hydrogéologique. Cette description est basée sur les informations recueillies sur site et sur la cartographie disponible.

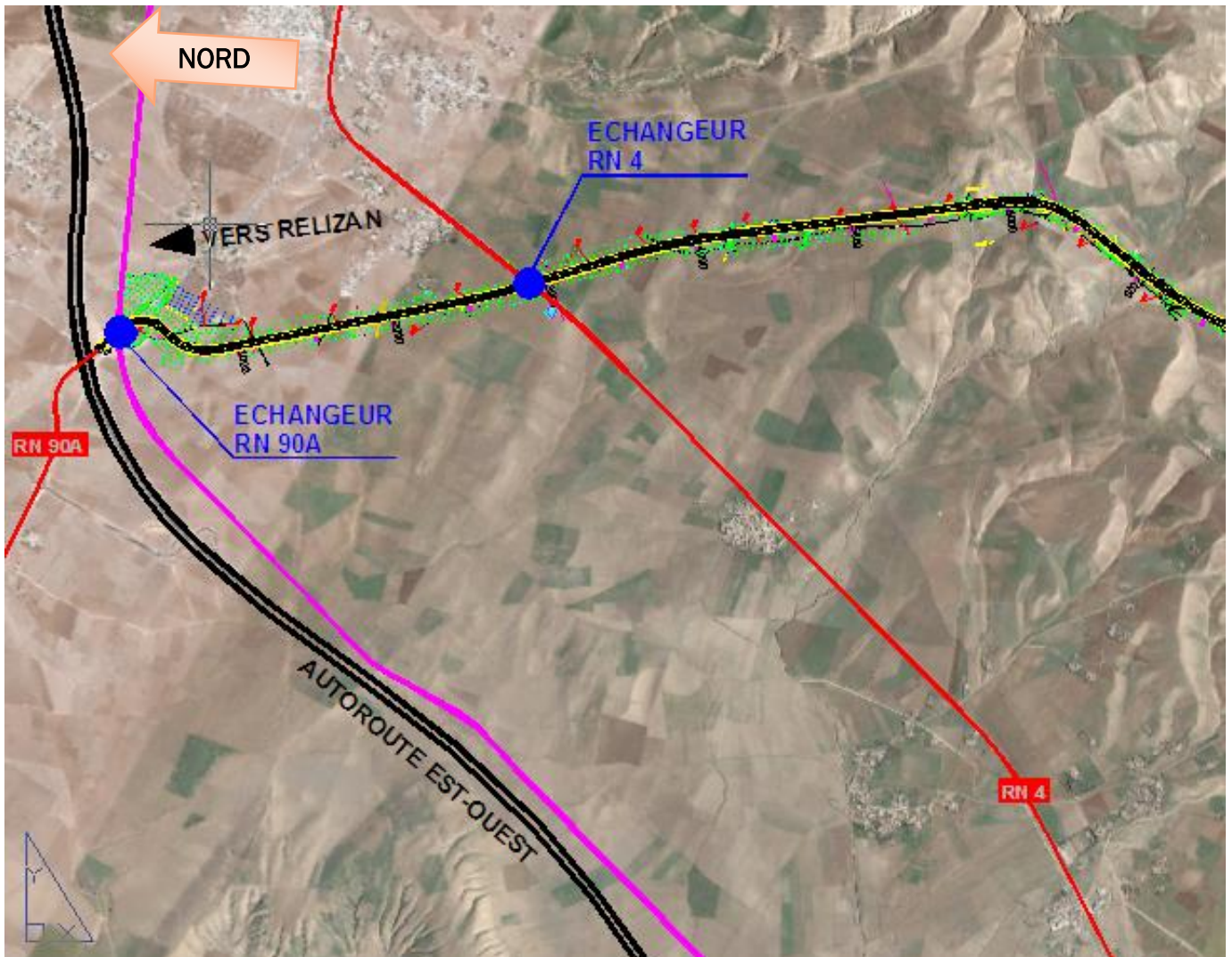


Figure2. Situation de couloire

7. Description de la zone d'étude :

a. Topographie et relief :

Au début de projet au niveau de l'échangeur Hmadna jusqu'à la localité de Zemmoura, le tracé traverse un terrain plus ou moins plat, Il traverse aussi des

terrains agricoles, et routes nationales (RN 90A, RN 4), et chemins de wilaya (CW20 et CW14), et chemins communaux, et des pistes, une voie ferrée et d'écoulements.

b. Climat :

La région de Relizane est une de celle qui a (en Algérie du Nord) le climat le plus aride compte tenu de sa proximité à la mer. Les hauteurs de pluies sont inférieures à 400 m/m dans les plaines (Relizane, 320 m/m). Les moyennes des maxima du mois le plus chaud sont de 38°.

c. Géologie et pédologie :

Située dans la partie occidentale de l'Algérie, la zone étudiée montre les unités fondamentales du domaine externe de la chaîne alpine en Afrique du Nord. Elle fait partie intégrante du domaine tellien très complexe, qui comporte des reliefs à alignement parallèle au littoral. Ces reliefs sont fragiles, sensibles à l'érosion, en raison de leur lithologie où dominent les sables, les marnes et les argiles.

Plus précisément, notre région d'étude s'intègre paléo géographiquement dans le "Bassin du Bas Chélif. Ce dernier correspond à une cuvette intra-montagneuse développée postérieurement à la phase de structuration majeure du domaine tellien - segment de la chaîne alpine d'Afrique du Nord – et qui constitue un bassin tardiorogénique. Leur remplissage a été assuré par une série sédimentaire matérialisée par une grande diversité de faciès (détritique, carbonaté organique et évaporitique) tant en milieu marin ou continental et mesurant 5000 à 6000m dans les zones les plus subsidences. Il est étroitement lié à l'orogénèse alpine, ce qui leur confère un caractère intra-montagneux et explique la diversité de leurs dépôts qui reposent généralement en discordance sur un substratum schisto-gréso-calcaire plissé. Le bassin du Bas Chélif occupe une aire de 300Km de long et sur près de 100Km de large entre 1°W et 2°E.

d. Hydrographie :

Du point de vue hydrographique, la zone d'étude fait partie du sous bassin versant du Bas – Chléf et de la Mina.

- L'oued Chléf qui traverse la wilaya d'Est dans sa partie centrale et continue vers la wilaya de Mostaganem.
- L'oued Mina qui traversant la wilaya du Sud vers le Nord et déversent dans l'oued Chléf.

La wilaya de Relizane disposent de trois barrages d'une capacité globale de 750 Millions de mètres cubes situés respectivement :

- Barrage Essaada d'une capacité de 250 Millions de m³.

CHAPITRE I PRÉSENTATION DE PROJET

- Barrage de Gargard d'une capacité de 450 Millions de m³.
- Merdjet Sidi El Abed d'une capacité de 50 Millions de m³.

e-Hydrogéologie :

En se basant sur la structure géologique, notamment la lithologie on peut citer les zones suivantes comme étant des zones à fortes potentialités. Il s'agit des :

- Affleurements des alluvions de la plaine et les vallées principales et secondaires.
- Affleurement des calcaires, grès et dolomies dans les zones montagneuses.

Totalisant 50 Hm³/an produisant 19,27 Hm³/an considérés comme étant le minimum exploitable. Pour l'exploitation de ces nappes, en 1998 la wilaya comptait, 86 forages à travers les communes.

f-Végétation naturelle et forêts:

La couverture forestière dans la wilaya de Relizane est évaluée à 51800 ha les espèces communes dans ces milieux boisés sont le genévrier, le thuya, le pin d'Alep Disposant des mêmes conditions lithologiques, climatiques et orographiques, notamment au nord et sud de la wilaya.



Figure.3.Forêts

d-infrastructures :

▪ **Le réseau routier :**

La zone d'étude enregistre un réseau routier avec des axes de différentes catégories entre routes nationales et chemins wilaya, dont :

la **RN 04** qui traversent le chef-lieu Est au Ouest de la wilaya de Relizane passant par les communes de Oued Rhiou, Oued Eldjemaâ, Elhmadna, chef-lieu de wilaya, Yellel, Elmatmar,

la **RN 23** traverse les communes de la wilaya de Relizane Yellel, Zemmoura, Mendes, Oued Essalam.

la **RN 90 A** traverse les agglomérations de Sidi Khattab, Elhmadna passant par la zone industrielle de Sidi Khattab. Par ailleurs, ces routes sont reliées aux chefs-lieux des villes et villages par des chemins de Wilaya.

8. Conclusion :

La reconnaissance géologique réalisée nous a permis de constater que la majeure partie du tracé traverse des terrains plats ou légèrement ondulés, qui ne présentent aucun risque de glissement ou d'éboulement, le tracé ne recoupe que quelques cours d'eau de type chaâbat et de faible amplitude.

Le sol est composé des mêmes caractéristiques physiques et chimiques et sont des terres sableuses beige à blanchâtre concrétionnées.

Normes géométriques et données de base

1-INTRODUCTION :

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont été la base de l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont été l'objet de discussions détaillées dans notre projet.

Pour la conception géométrique nous avons utilisé La norme **ICTAAL 2000** «instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison».Et, au cas où ces dernières ne sont pas assez explicites, on a fait appel aux principes énoncés dans d'autres règlements dont on cite le **B40**.

2-CONCEPTION GENERALE :

2.1 Classification de la route :

La classification de la route est dictée par la fonction prévue, la qualité de service souhaitée et le niveau de confort recherché.

La route a été classée comme autoroute (donc c'est la catégorie 1).

2.2 Nombre de voies :

Le nombre de voies est fonction du trafic donc il sera déterminer dans le chapitre suivant (étude de trafic).

2.3 Vitesse de référence :

Dans la circulaire du 12 décembre 2000, à l'article 1.2, l'ICTAAL propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, qui se distinguent comme suit :

la catégorie L1, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.

la catégorie L2, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique.

Ces catégories L1 et L2 sont respectivement appropriées, selon l'ICTAAL, aux vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h. Cependant, en considération des standards de conception ayant cours en Algérie, et que le tracé autoroutier du présent projet ne rencontre pas de grandes contraintes (le terrain est plat, les villes sont dispersées, etc.),

Pour notre projet, la catégorie est **L1**.

3-VISIBILITE :**3-1-Disposition conventionnelle :****Point d'observation :**

L'œil du conducteur de véhicule léger est positionné a une hauteur de 1 m du sol, et distant de 2m du bord droit de la voie.

Point observé :

Le point observé est le moins contraignant des deux feux arrière, positionné a une hauteur de 0,6m du sol et distant respectivement de 1m et de 2,5m du bord droit de la voie considérée.

3-2-Réglé de visibilité :

La distance de visibilité a recherche est la distance d'arrêt d'un véhicule arrêté sur sa voie. cette distance d'arrêt doit être assuré aussi a l'approche de points ou zones présentant un risque particulier de ralentissement ou de retenue des véhicule (réduction du nombre de voie, points d'accès, gares de péage)

4-Environnement de la route :

La B40 (Norme Technique d'Aménagement des Routes Algériennes) propose trois environnements (E1, E2, E3) chaque classe d'environnement est caractérisée par deux indicateurs à savoir :

La dénivelée cumulée moyenne ($H/L=DC$).

La sinuosité σ

5- La dénivelée cumulée moyenne : c'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée totale H à la longueur de l'itinéraire L permet de mesurer la longitudinal du relief.

$$DC = \frac{|\sum_{P_i > 0} P_i L_i + \sum_{P_i < 0} P_i L_i|}{L}$$

P : pente du terrain

L : longueur de l'itinéraire ($L=L_1+L_2+L_3+....L_n$).

Calcul de la dénivelée cumulée moyenne :

Tableau :

PT N°	PK	distance	Z	DH(m)
PT-01	0,00	0,00	135,02	0,00
PT-02	25,00	25,00	135,05	0,03
PT-03	50,00	25,00	135,16	0,11
PT-04	75,00	25,00	135,46	0,30
PT-05	100,00	25,00	135,89	0,43
PT-06	114,00	14,00	136,32	0,43
PT-07	125,00	11,00	136,73	0,41
PT-08	134,04	9,04	137,12	0,39
PT-09	150,00	15,96	136,91	-0,21
PT-10	171,19	21,19	136,64	-0,27
PT-11	175,00	3,81	136,27	-0,37
PT-12	181,00	6,00	136,06	-0,21
PT-13	200,00	19,00	135,48	-0,58
PT-14	225,00	25,00	135,01	-0,47
PT-15	250,00	25,00	134,37	-0,64
PT-16	275,00	25,00	131,77	-2,60
PT-17	300,00	25,00	131,11	-0,66
PT-18	325,00	25,00	131,38	0,27
PT-19	350,00	25,00	132,23	0,85
PT-20	375,00	25,00	132,98	0,75
PT-21	400,00	25,00	133,52	0,54
PT-22	414,19	14,19	134,04	0,52
PT-23	425,00	10,81	134,16	0,12
PT-24	450,00	25,00	134,47	0,31
PT-25	475,00	25,00	134,87	0,40
PT-26	500,00	25,00	135,29	0,42
PT-27	525,00	25,00	135,78	0,49
PT-28	550,00	25,00	136,01	0,23
PT-29	575,00	25,00	135,93	-0,08
PT-30	600,00	25,00	136,02	0,09
PT-31	625,00	25,00	136,38	0,36
PT-32	650,00	25,00	136,75	0,37
PT-33	675,00	25,00	137,17	0,42
PT-34	700,00	25,00	137,71	0,54
PT-35	725,00	25,00	138,24	0,53
PT-36	750,00	25,00	138,87	0,63
PT-37	775,00	25,00	139,37	0,50
PT-38	800,00	25,00	140,00	0,63
PT-39	825,00	25,00	140,56	0,56
PT-40	850,00	25,00	141,26	0,70
PT-41	875,00	25,00	141,79	0,53
PT-42	900,00	25,00	142,45	0,66
PT-43	925,00	25,00	143,12	0,67

PT-44	950,00	25,00	143,70	0,58
PT-45	975,00	25,00	144,16	0,46
PT-46	1 000,00	25,00	144,51	0,35
PT-47	1 025,00	25,00	144,75	0,24
PT-48	1 050,00	25,00	144,94	0,19
PT-49	1 075,00	25,00	145,20	0,26
PT-50	1 100,00	25,00	145,37	0,17
PT-51	1 125,00	25,00	145,45	0,08
PT-52	1 150,00	25,00	145,59	0,14
PT-53	1 175,00	25,00	145,67	0,08
PT-54	1 200,00	25,00	145,79	0,12
PT-55	1 225,00	25,00	145,94	0,15
PT-56	1 250,00	25,00	146,05	0,11
PT-57	1 275,00	25,00	146,21	0,16
PT-58	1 300,00	25,00	146,44	0,23
PT-59	1 325,00	25,00	146,49	0,05
PT-60	1 350,00	25,00	146,56	0,07
PT-61	1 375,00	25,00	146,64	0,08
PT-62	1 400,00	25,00	146,72	0,08
PT-63	1 425,00	25,00	146,87	0,15
PT-64	1 450,00	25,00	147,18	0,31
PT-65	1 475,00	25,00	147,53	0,35
PT-66	1 500,00	25,00	147,86	0,33
PT-67	1 525,00	25,00	148,15	0,29
PT-68	1 550,00	25,00	148,46	0,31
PT-69	1 575,00	25,00	148,76	0,30
PT-70	1 600,00	25,00	149,00	0,24
PT-71	1 625,00	25,00	149,23	0,23
PT-72	1 650,00	25,00	149,40	0,17
PT-73	1 675,00	25,00	149,66	0,26
PT-74	1 700,00	25,00	149,59	-0,07
PT-75	1 725,00	25,00	149,17	-0,42
PT-76	1 750,00	25,00	148,01	-1,16
PT-77	1 775,00	25,00	146,95	-1,06
PT-78	1 800,00	25,00	146,03	-0,92
PT-79	1 825,00	25,00	145,30	-0,73
PT-80	1 850,00	25,00	144,53	-0,77
PT-81	1 875,00	25,00	143,61	-0,92
PT-82	1 900,00	25,00	142,80	-0,81
PT-83	1 925,00	25,00	142,22	-0,58
PT-84	1 939,46	14,46	141,71	-0,51
PT-85	1 950,00	10,54	142,13	0,42
PT-86	1 975,00	25,00	142,58	0,45
PT-87	2 000,00	25,00	143,32	0,74
PT-88	2 025,00	25,00	144,29	0,97
PT-89	2 050,00	25,00	145,19	0,90
PT-90	2 075,00	25,00	145,76	0,57
PT-91	2 100,00	25,00	146,29	0,53

PT-92	2 125,00	25,00	146,83	0,54
PT-93	2 150,00	25,00	147,21	0,38
PT-94	2 175,00	25,00	147,73	0,52
PT-95	2 200,00	25,00	148,00	0,27
PT-96	2 225,00	25,00	148,35	0,35
PT-97	2 250,00	25,00	148,41	0,06
PT-98	2 275,00	25,00	148,71	0,30
PT-99	2 300,00	25,00	149,67	0,96
PT-100	2 325,00	25,00	150,49	0,82
PT-101	2 350,00	25,00	151,23	0,74
PT-102	2 375,00	25,00	151,95	0,72
PT-103	2 400,00	25,00	152,56	0,61
PT-104	2 425,00	25,00	153,17	0,61
PT-105	2 450,00	25,00	153,61	0,44
PT-106	2 475,00	25,00	154,33	0,72
PT-107	2 500,00	25,00	154,76	0,43
PT-108	2 525,00	25,00	155,00	0,24
PT-109	2 550,00	25,00	155,59	0,59
PT-110	2 575,00	25,00	155,54	-0,05
PT-111	2 600,00	25,00	155,62	0,08
PT-112	2 625,00	25,00	155,73	0,11
PT-113	2 650,00	25,00	155,97	0,24
PT-114	2 675,00	25,00	156,17	0,20
PT-115	2 700,00	25,00	156,34	0,17
PT-116	2 725,00	25,00	156,49	0,15
PT-117	2 750,00	25,00	156,71	0,22
PT-118	2 775,00	25,00	156,97	0,26
PT-119	2 800,00	25,00	157,17	0,20
PT-120	2 825,00	25,00	157,39	0,22
PT-121	2 850,00	25,00	157,54	0,15
PT-122	2 875,00	25,00	157,63	0,09
PT-123	2 900,00	25,00	157,76	0,13
PT-124	2 922,63	22,63	158,70	0,94
PT-125	2 925,00	2,37	158,69	-0,01
PT-126	2 950,00	25,00	158,17	-0,52
PT-127	2 975,00	25,00	158,19	0,02
PT-128	3 000,00	25,00	158,30	0,11
PT-129	3 025,00	25,00	158,41	0,11
PT-130	3 050,00	25,00	158,42	0,01
PT-131	3 075,00	25,00	158,50	0,08
PT-132	3 100,00	25,00	158,62	0,12
PT-133	3 125,00	25,00	158,76	0,14
PT-134	3 132,03	7,03	158,80	0,04
PT-135	3 150,00	17,97	158,96	0,16
PT-136	3 175,00	25,00	159,12	0,16
PT-137	3 200,00	25,00	159,36	0,24
PT-138	3 225,00	25,00	159,64	0,28
PT-139	3 250,00	25,00	159,89	0,25

PT-140	3 275,00	25,00	160,11	0,22
PT-141	3 300,00	25,00	160,33	0,22
PT-142	3 325,00	25,00	160,53	0,20
PT-143	3 350,00	25,00	160,65	0,12
PT-144	3 375,00	25,00	160,74	0,09
PT-145	3 400,00	25,00	160,87	0,13
PT-146	3 425,00	25,00	161,05	0,18
PT-147	3 450,00	25,00	161,30	0,25
PT-148	3 475,00	25,00	161,57	0,27
PT-149	3 500,00	25,00	161,79	0,22
PT-150	3 525,00	25,00	162,04	0,25
PT-151	3 550,00	25,00	162,34	0,30
PT-152	3 575,00	25,00	162,60	0,26
PT-153	3 600,00	25,00	162,91	0,31
PT-154	3 625,00	25,00	163,35	0,44
PT-155	3 650,00	25,00	163,86	0,51
PT-156	3 675,00	25,00	164,34	0,48
PT-157	3 700,00	25,00	164,96	0,62
PT-158	3 725,00	25,00	165,33	0,37
PT-159	3 750,00	25,00	165,63	0,30
PT-160	3 775,00	25,00	165,92	0,29
PT-161	3 800,00	25,00	165,87	-0,05
PT-162	3 825,00	25,00	166,01	0,14
PT-163	3 850,00	25,00	165,90	-0,11
PT-164	3 875,00	25,00	165,88	-0,02
PT-165	3 900,00	25,00	165,96	0,08
PT-166	3 925,00	25,00	166,20	0,24
PT-167	3 950,00	25,00	167,12	0,92
PT-168	3 975,00	25,00	167,99	0,87
PT-169	4 000,00	25,00	168,85	0,86
PT-170	4 025,00	25,00	168,91	0,06
PT-171	4 050,00	25,00	168,86	-0,05
PT-172	4 075,00	25,00	168,38	-0,48
PT-173	4 100,00	25,00	166,86	-1,52
PT-174	4 125,00	25,00	165,55	-1,31
PT-175	4 150,00	25,00	164,5	-1,05
PT-176	4 175,00	25,00	164,08	-0,42
PT-177	4 200,00	25,00	163,94	-0,14
PT-178	4 225,00	25,00	163,57	-0,37
PT-179	4 250,00	25,00	163,24	-0,33
PT-180	4 275,00	25,00	164,38	1,14
PT-181	4 300,00	25,00	165,1	0,72
PT-182	4 325,00	25,00	165,75	0,65
PT-183	4 350,00	25,00	166,36	0,61
PT-184	4 375,00	25,00	167,23	0,87
PT-185	4 400,00	25,00	168,01	0,78
PT-186	4 425,00	25,00	168,74	0,73
PT-187	4 450,00	25,00	169,39	0,65

PT-188	4 475,00	25,00	170,05	0,66
PT-189	4 500,00	25,00	170,72	0,67
PT-190	4 525,00	25,00	171,27	0,55
PT-191	4 550,00	25,00	171,82	0,55
PT-192	4 575,00	25,00	172,42	0,60
PT-193	4 600,00	25,00	172,84	0,42
PT-194	4 625,00	25,00	173,28	0,44
PT-195	4 650,00	25,00	173,64	0,36
PT-196	4 675,00	25,00	173,94	0,30
PT-197	4 700,00	25,00	174,24	0,30
PT-198	4 725,00	25,00	174,51	0,27
PT-199	4 750,00	25,00	174,64	0,13
PT-200	4 775,00	25,00	174,44	-0,20
PT-201	4 800,00	25,00	173,72	-0,72
PT-202	4 825,00	25,00	175,06	1,34
PT-203	4 850,00	25,00	175,54	0,48
PT-204	4 875,00	25,00	176,53	0,99
PT-205	4 900,00	25,00	177,19	0,66
PT-206	4 925,00	25,00	177,83	0,64
PT-207	4 950,00	25,00	178,73	0,90
PT-208	4 975,00	25,00	179,71	0,98
PT-209	5 000,00	25,00	180,37	0,66
PT-210	5 025,00	25,00	180,91	0,54
PT-211	5 050,00	25,00	181,68	0,77
PT-212	5 075,00	25,00	182,49	0,81
PT-213	5 100,00	25,00	183,25	0,76
PT-214	5 125,00	25,00	183,97	0,72
PT-215	5 150,00	25,00	184,55	0,58
PT-216	5 175,00	25,00	185,15	0,60
PT-217	5 200,00	25,00	185,78	0,63
PT-218	5 225,00	25,00	186,78	1,00
PT-219	5 250,00	25,00	187,77	0,99
PT-220	5 275,00	25,00	188,55	0,78
PT-221	5 300,00	25,00	189,47	0,92
PT-222	5 325,00	25,00	190,45	0,98
PT-223	5 350,00	25,00	191,43	0,98
PT-224	5 375,00	25,00	192,38	0,95
PT-225	5 400,00	25,00	193,33	0,95
PT-226	5 425,00	25,00	194,17	0,84
PT-227	5 450,00	25,00	195,28	1,11
PT-228	5 475,00	25,00	196,39	1,11
PT-229	5 500,00	25,00	197,58	1,19
PT-230	5 525,00	25,00	199,1	1,52
PT-231	5 550,00	25,00	200,57	1,47
PT-232	5 575,00	25,00	201,92	1,35
PT-233	5 600,00	25,00	203,13	1,21
PT-234	5 625,00	25,00	204,43	1,30
PT-235	5 650,00	25,00	205,56	1,13

PT-236	5 675,00	25,00	206,5	0,94
PT-237	5 700,00	25,00	207,29	0,79
PT-238	5 725,00	25,00	206,5	-0,79
PT-239	5 750,00	25,00	205,52	-0,98
PT-240	5 775,00	25,00	207,06	1,54
PT-241	5 800,00	25,00	209,46	2,40
PT-242	5 825,00	25,00	211,4	1,94
PT-243	5 850,00	25,00	209,45	-1,95
PT-244	5 875,00	25,00	207,33	-2,12
PT-245	5 900,00	25,00	205,71	-1,62
PT-246	5 925,00	25,00	204,11	-1,60
PT-247	5 950,00	25,00	203,25	-0,86
PT-248	5 975,00	25,00	203,55	0,30
PT-249	6 000,00	25,00	203,75	0,20
		6 000,00		68,73

Tableau n°1 : Dénivelé de chaque profil.

$$|\sum_{Pi>0} PiLi + \sum_{Pi<0} PiLi| = 68,73 \text{ m}$$

Alors

$$H/L = 0,0115$$

$$DC = 1,15 \%$$

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	Dc < 1.5%
2a	Plat mais inondable	Dc = 1.5%
2b	Terrain vallonné	1.5% < Dc ≤ 4%
3	Terrain montagneux	Dc > 4%

Tableau n°2 : Détermination de la nature des terrains.

Ce qui conduit à un terrain plat à partir du (tableau 2)

6-Sinuosité : La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

6-1-Calcul de la sinuosité :

$$\sigma = \frac{L_s}{L}$$

Avec :

- L_s : la somme des développées des rayons inférieurs ou égale à 200m ($R \leq 200m$).
- L : la longueur totale de la route.
- $L_s = 0$ si aucun rayon n'est inférieur à 200m.

N°	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma < 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma < 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

Tableau n°3 : Sinuosité.

Dans notre cas :

$L = 6000m$

$L_s = 0$ (pas des rayons inférieurs ou égaux à 200m)

⇒ $\sigma = 0$, caractéristique d'une sinuosité faible (tableau3).

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E3	E3

Tableau n°4 : Environnement de la route.

Les trois types d’environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Dans notre cas :

Un terrain Plat /Une Sinuosité Faible /
L’environnement de la route **E1** (tableau 4)

7- Catégorie de la route :

Selon la B40 (norme technique d’aménagement des routes algériennes) les routes sont classées en Cinq catégories fonctionnelles, correspondants aux finalités économiques et administratives).

Les Cinq catégories de la route sont :

CAT 1 : Liaison entre les grands centres économiques.

CAT 2 : Liaison entre d’industrie de transformation et d’industrie légère.

CAT 3 : Liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïras non desservie par le Réseau de CAT1 et CAT 2.

CAT 4 : Liaison des centres de vie non relie au réseau de CAT 1-2-3.

CAT 5 : Routes et pistes non comprises dans les CAT précédentes.

Dans le cas de notre projet, et après l’analyse des données il s’avère que
La catégorie de notre projet rentre dans la **CAT1**

8-La vitesse de référence :

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de la route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc en fonction de (catégories, environnement).

Environnement Catégorie	E1	E 2	E3
CAT 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
CAT 4	100-80-60	80-60-40	60-40
CAT 5	80-60-40	60-40	40

Tableau n°5 : Vitesse de référence.

9-Conclusion :

Les paramètres géométriques adoptées pour ce tronçon est résumés dans le **Tableau n°6** dont notre cas la vitesse de référence égale à **130 km/h** qui vérifie notre projet à la vitesse de **120 km/h**.

Désignations des paramètres	Unité	Catégorie	
		L1	L2
Vitesse maximale	V (km/h)	130	110
Tracé en plan			
Rayon minimum absolu	R_m (m)	600	400
Rayon minimum non déversée	R_{nd} (m)	1000	650
Longueur minimum de clothoïde	L_s (m)	$\text{Max}(14 \Delta\delta ; R/9)$	$\text{Max}(14 \Delta\delta ; R/9)$
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500	975
Profil en long			
Déclivité maximum	P (%)	5	6
Déclivité minimum	P (%)	0.5	0.5
Rayon minimal de raccordement convexe	R_v (m)	12500	6000
Rayon minimal de raccordement concave	R_v (m)	4200	3000
Profil en travers			
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4	2 à 4
Largeur de voie	Dévers	3.5	3.5
Dévers minimum	d(%)	2.5	2.5
Dévers maximum	d(%)	7	7

Tableau n°6 : Paramètres géométriques de l'autoroute

Paramètre cinématique

1 Paramètres cinématique : Les paramètres cinématiques sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route. Ces paramètres sont :

2-Distance de freinage : Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans une condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée

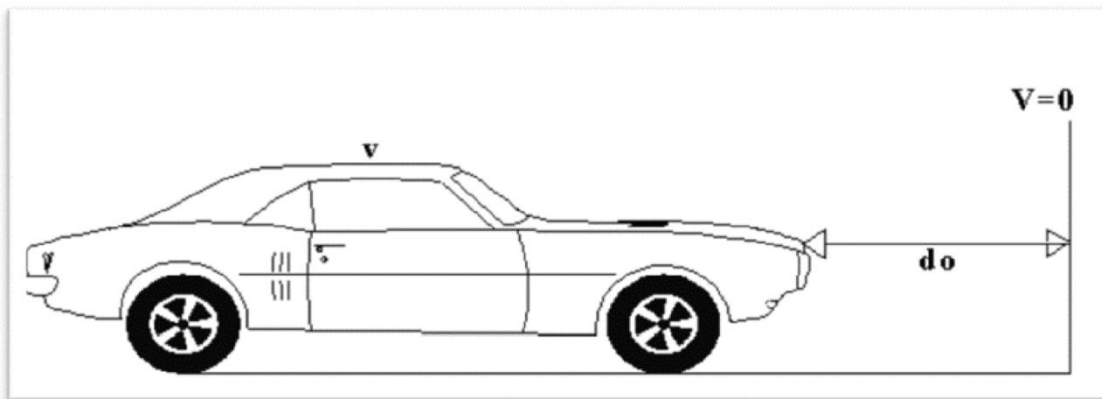


Figure n°4 : Distance de freinage.

Dans le cas général, la route est déclinée c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_l + i)}$$

Dans ce cas la formule d_0 sera :

Rampe : $d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_r l + e)}$

Pente : $d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_r l - e)}$

En palier : ($e=0$) on aura : $d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_r l)}$

V_r : Vitesse de référence en Km/h.

e : Déclivité.

$f_r l$: Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

Le coefficient de frottement longitudinal f varie avec l'état des pneus de la chaussée
 Comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

Vr (Km/h)		40	60	80	100	120	140
f_{rl}	Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

Tableau n°07 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

D'après les valeurs du tableau des normes B40 et en ce qui concerne notre projet

On a **f_{rl}**= 0.33

3- Temps de réaction :

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne :

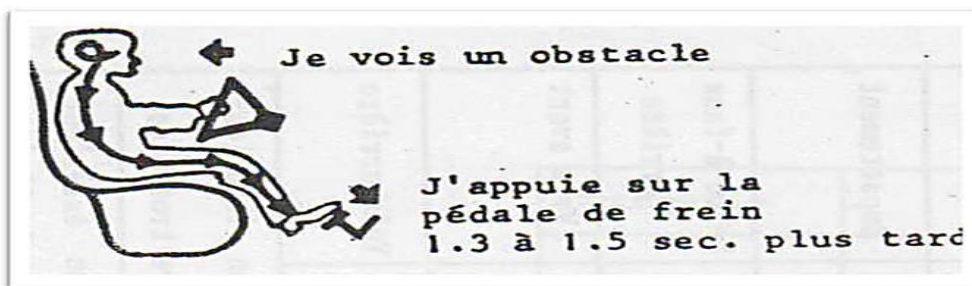


Figure n°5: Temps de réactions

Dans une attention concentrée :

t= 1.2 s pour un obstacle imprévisible

t= 0.6 s pour un obstacle prévisible

On prend $t = 1.8 \text{ s}$ par rapport à la catégorie et la vitesse :

CAT		CAT 1-2		CAT 3-4-5	
Env					
VITESSE	≥ 100	< 100	> 60	< 60	
E1 et E2	1.8s	2s	1.8s	2s	
E3	1.8s				

Tableau n°08: Les valeurs du temps de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr. Donc la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est : $d_1 = V \times t$ Avec : $v : \text{m/s}$ $t : \text{s}$

4- Distance d'arrêt :

La distance parcourue par le conducteur entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de distance d'arrêt(d).

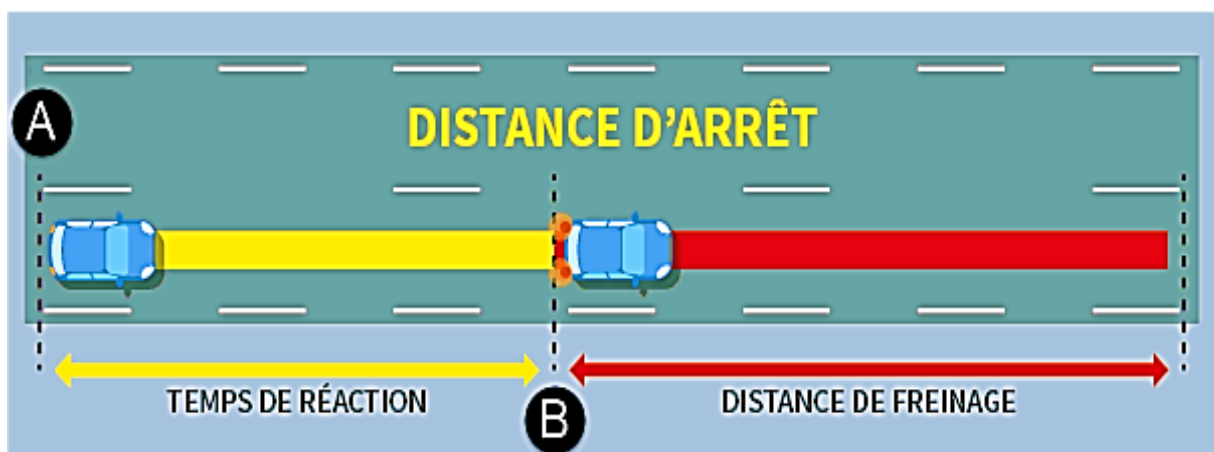


Figure n°6 : Distance d'arrêt.

Nature de route T(s)	Alignement droit	courbe
	1.8	$d_1 = d_0 + 0.50v$
2	$d_1 = d_0 + 0.55v$	$d_1 = 1.25d_0 + 0.55v$

Tableau n°09 : Lois de distance d'arrêt.

d1 : distance d'arrêt

d0 : distance de freinage

v : vitesse (km/h)

5- Manœuvre de dépassement :

dvdm : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

dvdN : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

Vr (Km/h) Distance	40	60	80	100	120
	dvdm	4v 160	4v 240	4v 320	4.2v 420
dvdN	6v 240	6v 360	6v 480	6.2v 620	6.6v 790
	dmd	70	120	200	300

Tableau n°10: Valeur de **dvd**, **dvdN** et **dmd** en fonction de la vitesse.

D'après le tableau des normes de la B40, on tire les valeurs de **dvdm**, **dvdn** et **dmd** en fonction de la vitesse.

6- Espacement entre deux véhicules :

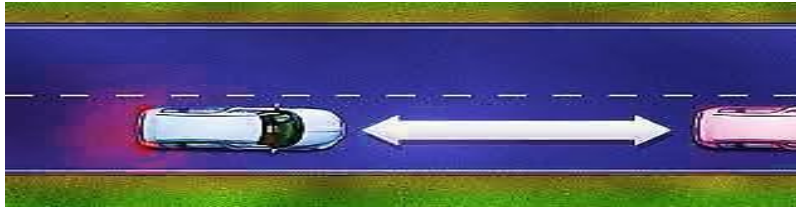


Figure n°7: Espacement entre véhicule.

L'espacement entre deux véhicules : est une notion. Il s'agit de la distance qu'un conducteur doit conserver entre son véhicule et celui qui le précède, celle-ci dépend directement de la vitesse du véhicule. Elle correspond à la distance parcourue pendant deux secondes, durée supérieure au temps de réaction : ainsi si les deux véhicules ont la même capacité de freinage, il n'y aura pas de collision

$$E = 8 + 0.2V + 0.003V^2$$

7- Application au projet :

7-1-Distance de freinage :

Pour notre projet on a $f_{rl} = 0.33$

➤ **En alignement droit** : $e = 0$ (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V^2}{(f_{l \pm e})}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{120^2}{(0.33)} = 174,54 \text{ m}$$

➤ **En rampe** : $e = +0,0238$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V^2}{(f_{l \pm e})}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{120^2}{(0.33+0.0238)} = 162,80 \text{ m}$$

➤ **En pente** : $e = -0.0238$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V^2}{(f_{l \pm e})}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{120^2}{(0,33-0,0238)} = 188.11 \text{ m}$$

7-2-Distance d'arrêt :

a) En alignement droit :

On a $V_r = 120 \text{ km/h}$ $t = 1,8 \text{ s}$ \longrightarrow $d_1 = d_0 + 0,50V_r$

- **En palier:** $d_1 = 174,54 + (0.50 \times 120) = 234,54 \text{ m}$
- **En rampe :** $d_1 = 162,80 + (0.50 \times 120) = 222,80 \text{ m}$
- **En pente :** $d_1 = 188,11 + (0,50 \times 120) = 248,11 \text{ m}$

b) En courbe:

On a $V_r = 120 \text{ km/h}$ $t = 1,8 \text{ s}$ \longrightarrow $d = 1.25d_0 + 0.50V_r$

- En palier : $d_1 = 1.25 \times 174,54 + (0.50 \times 120) = 278,18 \text{ m}$
- En rampe : $d_1 = 1.25 \times 162,80 + (0.50 \times 120) = 262,50 \text{ m}$
- En pente: $d_1 = 1,25 \times 188,11 + (0,50 \times 120) = 295,14 \text{ m}$

D'après le tableau des normes de la B40, on tire les valeurs de :

Dvdm = 550 m dvdN = 790 m dmd = 425 m

7-4-Espacement entre véhicules :

$E = 8 + 0.2v + 0.003v^2$

$\longrightarrow E = 8 + 0.2(120) + 0.003(120)^2$

\longrightarrow **E = 75m**

TRACE EN PLAN

1. INTRODUCTION :

Dans sa définition, le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

2. REGLES ET PRINCIPES DE TRACE EN PLAN :

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de :

- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art sinon on essaie de les franchir perpendiculairement pour minimiser les couts.

3. GEOMETRIE EN PLAN :

En première approximation, le tracé de l'axe de route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles, mais la pratique des grandes vitesses et l'existence des petits rayons a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement progressif entre les précédents qui est la clothoïde.

Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on peut déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Les éléments du tracé en plan ont été conçus selon les critères de conception décrits dans la section précédente sur les normes géométriques comme suit :

3.1 LES ALIGNEMENTS :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

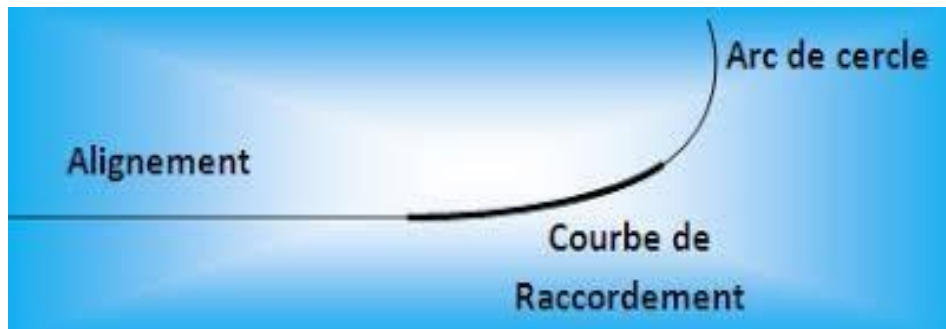


Figure-8 : éléments du tracé en plan

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet. La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{min} = 5V$$

$$L_{max} = 60V$$

Avec V en (m/s)

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants :

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court
Solution : alignement à supprimer.
- Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon
Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

Pour notre projet :

$$\begin{cases} L_{min} = 5 \times 120 / 3.6 \Rightarrow L_{min} = 167m \\ L_{max} = 60 \times 120 / 3.6 \Rightarrow L_{max} = 2000m \end{cases}$$

Tableau n°11 : Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan

Vitesse de base	VB (km/h)	120
La longueur minimal	L_{min} (m)	167
La longueur maximal	L_{max} (m)	2000

3.2 LES RAYONS DE CERCLE :

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Les valeurs minimales des rayons sont résumées dans le tableau:

Tableau n°12 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Vitesse de base	VB (km/h)	120
Rayon minimal	R_m (m)	600
Rayon minimal non déversé	R_{nd} (m)	1000
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500

3.3 LES RACCORDEMENTS PROGRESSIFS :

Les courbes de rayon inférieur à **1,5 Rnd** ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccords progressifs (clothoïdes).

Pour assurer les trois conditions suivantes :

- La condition optique
- La condition de gauchissement
- La condition du confort dynamique

Il faut d'après l'**ICTAAL2000** que la longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs : **{14|Δδ| et R/9}** ;

Où : **R** (en m) le rayon de courbure.

Δδ (en %) : la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

Tel que : $|\Delta\delta| = |\delta_1 - \delta_0|$,

δ0 : le divers de la courbe

δ1 : représente la pente transversale initiale.

3.4 ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

D'après l'**ICTAAL2000** :

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayons supérieurs ou égaux à $1,5 R_{nd}$, en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité.

Comme elles doivent respecter les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

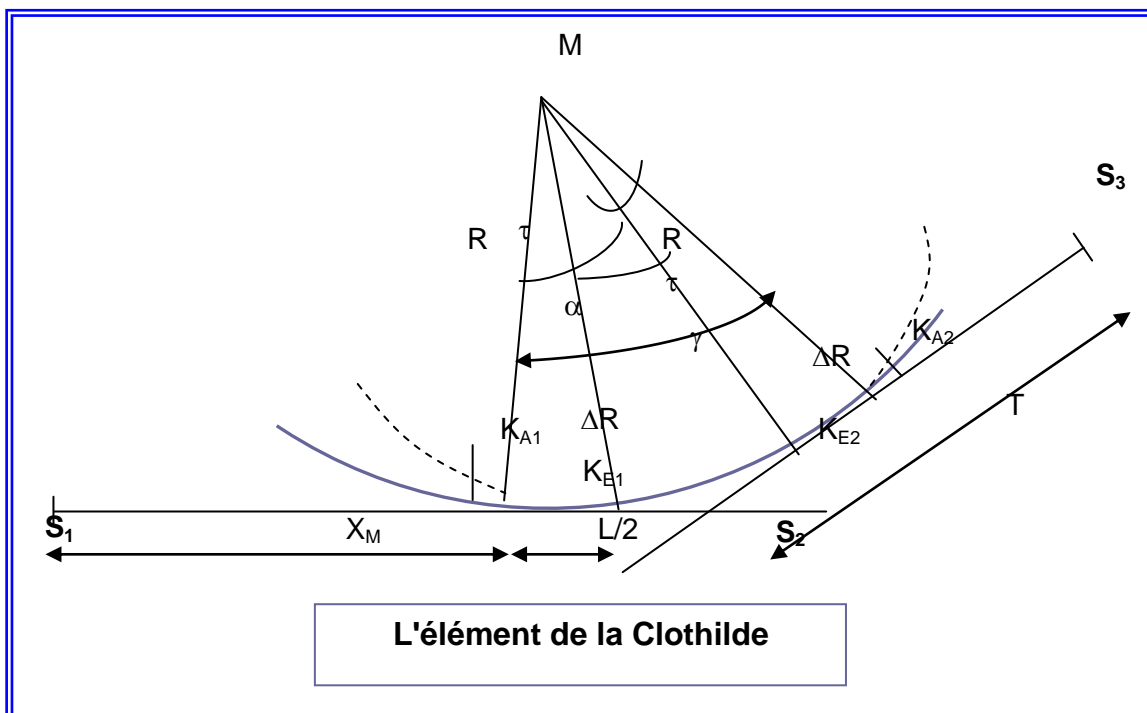
- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R1 \leq 1,5 R2$ », où **R1** est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R2 < 1,5 R_{nd}$ » celui de la seconde.

Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.

- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins **200 m**, si ce n'est pas le cas on utilise l'un des raccordements suivants :

- Courbe en C, courbe à sommet, ou la courbe ovale pour deux courbes de même sens.
- Courbe en S pour les courbes de sens contraire.

4. EXEMPLE DE CALCUL MANUEL D'AXE DU TRACE EN PLAN :



4-1 Eléments de la clothoïde:

- **A** : Paramètre de la clothoïde.
- **R** : Rayon du cercle à l'abscisse curviligne.
- **M** : Centre du cercle d'abscisse X_M .
- **L** : Longueur de la branche de clothoïde.
- **K_A** : Début de la clothoïde.
- **K_E** : Fin de la clothoïde.
- **XM** : Abscisse du centre du cercle.
- **Y_M** : Ordonnée du centre du cercle.
- τ : Angle de tangente.
- **T** : Grande tangente.
- σ : L'angle polaire (angle de corde avec la tangente).
- **SL** : La corde à la clothoïde.
- ΔR : Ripage (mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle).

4.2 Longueur de Clothoïde:

La longueur de la Clothoïde doit satisfaire les trois conditions suivantes :

4-2-1 Condition d'optique :

Pour la condition d'optique, on adoptera les conditions suivantes :

$$\tau \geq 3'' \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

$$\boxed{R/3 \leq A \leq R}$$

Règle générale (B40) :

$$\text{+ } R \leq 1500m$$

$$\Delta R = 1m$$

(éventuellement 0.5m)

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

$$\text{+ } 1500 < R \leq 5000m$$

$$\boxed{L \geq R/9}$$

$$\text{+ } R > 5000m$$

$$\Delta R = 2.5 m$$

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

4-2-2 Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

4-2-3 Condition de confort dynamique :

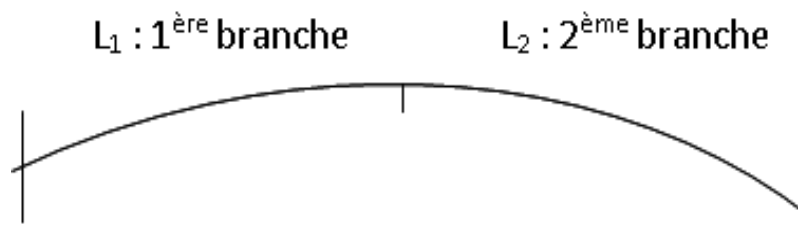
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours t du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L_3 \geq \frac{Vr^2}{18} \left[\frac{Vr^2}{127R} - \Delta d \right]$$

Finalement, la longueur de la Clothoïde sera le Max entre les L des 3 conditions.

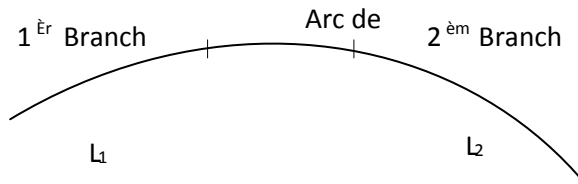
5- Vérification de non chevauchement :

1^{er} cas : $\tau < \frac{\gamma}{2}$: Les deux alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde donc non chevauchement.



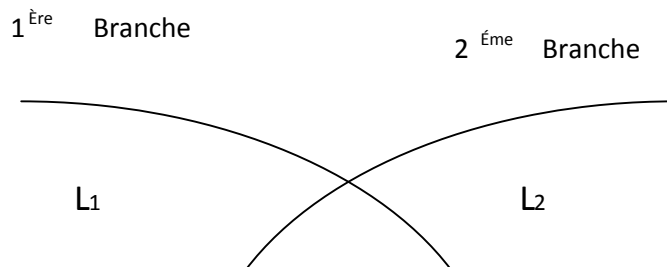
Clothoïde sans arc de cercle :

2^{ème} cas : $\tau = \frac{Y}{2}$: les 2 alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde sans arc de cercle.



Clothoïde avec arc de cercle :

3^{ème} cas : $\tau > \frac{Y}{2}$: la construction de la Clothoïde est impossible = chevauchement.



Clothilde impossible:

Pour résoudre le problème, il faut jouer avec les 2 inconnues L et R et comme L est limitée par les 3 conditions précédentes (condition d'optique, de gauchissement et de confort dynamique).

La seule solution est d'augmenter le rayon R.

6- APPLICATION AU PROJET :

- Les points du tracé en plan :

$$S_1 (X = 293818,732 \quad Y = 3974512,010)$$

$$S_2 (X = 293967,566 \quad Y = 3974350,425)$$

$$S_3 (X = 293932,505 \quad Y = 3974162,215)$$

Pour notre projet on a :

$$R=300 \text{ m} ; A > R/3 \Rightarrow A > 300/3$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

On prendre : $A=124,007$

$$L = \frac{A^2}{R} = \frac{124,007}{300} = 51,259 \text{ m} \quad , \quad \frac{L}{R} = \frac{51,259}{300} = 0,171$$

- Calcul des gisements :

$$|\Delta x_{12}| = |x_2 - x_1| = 148,834 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{12}| = |y_2 - y_1| = -161,585 \text{ m}$$

$$G_1^2 = 200 - \text{Arctg}\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) = 152,613 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 219,684 \text{ m}$$

$$|\Delta x_{23}| = |x_3 - x_2| = -35,061 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{23}| = |y_3 - y_2| = -188,210 \text{ m}$$

$$G_2^3 = 300 - \text{Arctg}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 211,725 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 191,448 \text{ m}$$

-Calcul de l'angle γ : $\gamma = |G_{S_2}^{S_3} - G_{S_1}^{S_2}| = 59,112 \text{ (grade)}.$

-Vérification de non chevauchement:

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{51,259}{600} \times \frac{200}{\pi} = 5,439 \quad ; \quad \frac{\gamma}{2} = 29,556 \text{ grad}$$

$$\tau < \frac{\gamma}{2}$$

Donc la condition de non chevauchement est vérifiée.

-Calcul de distance :

$$\overline{S_1S_2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 219,684 \text{ m}$$

$$\overline{S_2S_3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 191,448 \text{ m}$$

-Calcul de tangente T: $T = X_M + t = X_M + (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$

Avec un rapport $\frac{L}{R} = 0.171$ on lit à partir des tables de clothoïde, les valeurs suivantes :

$$X_M = \frac{A^2}{2R} = \frac{L}{2} \Rightarrow X_M = 25,63$$

$$R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 0,5$$

$$\frac{X}{R} = 0,17074 \Rightarrow X = L - \frac{L^3}{40L^2} = 51,259 - \frac{51,259^3}{40 \times 51,259^2} = 49,978 \text{ m}$$

$$\frac{Y}{R} = 0,004863 \Rightarrow Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{51,259^2}{6 \times 300} = 1,459 \text{ m}$$

$$T = 25,63 + (300 + 0,5) \operatorname{tg} (29,556) = 176,112 \text{ m}$$

-Calcul des coordonnées S_L : $S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{49,978^2 + 1,459^2} = 50 \text{ m}$

-Calcul de σ : $\sigma = \tan^{-1} \frac{Y}{X} = \tan^{-1} \frac{1,459}{49,978} = 1,86 \text{ grad.}$

-Calcul de l'arc:

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{\pi \times R(\gamma - 2\tau)}{200} = \frac{\pi \cdot 300[59,112 - 2(5,439)]}{200} = 227,297 \text{ m}$$

-Calcul des coordonnées des points singuliers:

$$K_{A1} = \begin{cases} x_{K_{A1}} = x_{S_1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \sin(G_{S_1}^{S_2}) = 293848,251 \text{ m} \\ y_{K_{A1}} = y_{S_2} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \cos(G_{S_1}^{S_2}) = 3974479,962 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} = \begin{cases} x_{K_{A2}} = x_{S_2} + T \times \sin(G_{S_2}^{S_3}) = 293815,999 \text{ m} \\ y_{K_{A2}} = y_{S_2} + T \times \cos(G_{S_2}^{P_3}) = 3974306,828 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} = \begin{cases} x_{K_{E1}} = x_{K_{A1}} + S_L \times \sin(G_{S_1}^{S_2} - \sigma) = 293883,186 \text{ m} \\ y_{K_{E1}} = y_{K_{A1}} + S_L \times \cos(G_{S_1}^{S_2} - \sigma) = 3974444,191 \text{ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} x_{K_{E2}} = x_{K_{A2}} - S_L \times \sin(G_{S_2}^{S_3} + \sigma) = 293826,588 \text{ m} \\ y_{K_{E2}} = y_{K_{A2}} - S_L \times \cos(G_{S_2}^{S_3} + \sigma) = 3974355,694 \text{ m} \end{cases}$$

PROFIL EN TRAVERS

1. Introduction :

Le profil en travers d'une route c'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, ...etc.).

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

2. TYPES DE PROFILS EN TRAVERS :

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

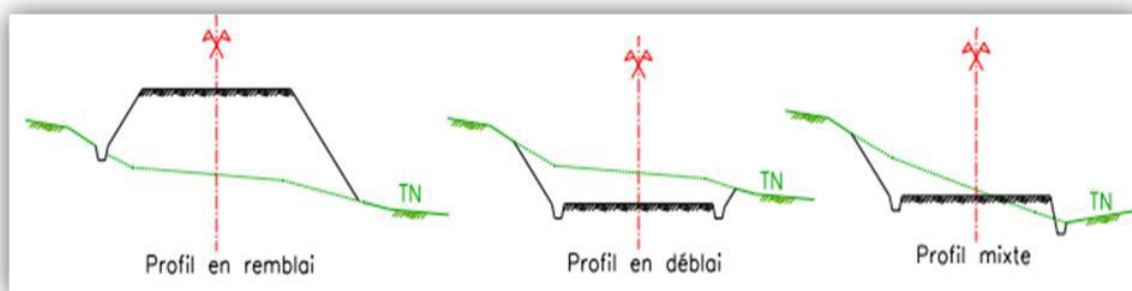


Fig.10 Différents types de profil en travers

3. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERSESES :

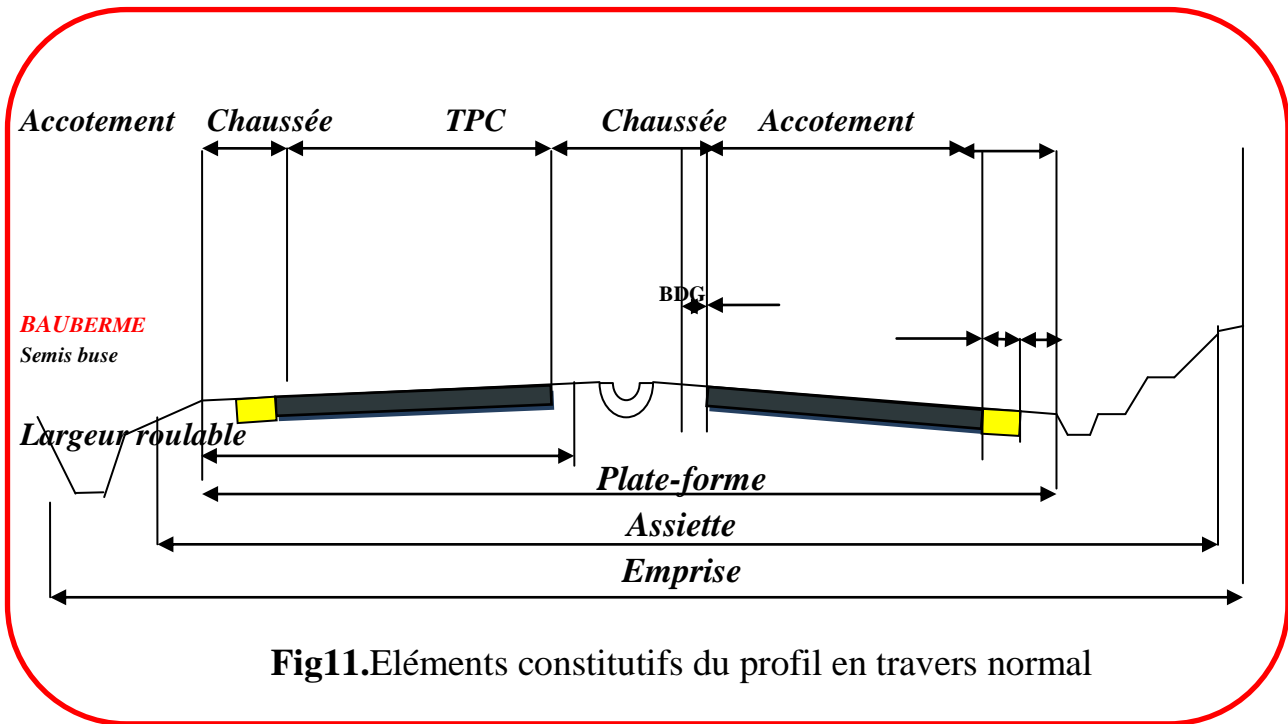


Fig11.Eléments constitutifs du profil en travers normal

3.1 La chaussée :

D’après l’étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de 2×3 voies larges de 3,50 m.

3.2 Terre-plein central (T.P.C) :

Le terre-plein central a pour fonctions la séparation physique de deux sens de circulation, d’éviter les mouvements de traversée des véhicules et les mouvements de tourne-à-gauche vers les accès éventuels, l’implantation de signalisation ...etc.

Ses caractéristiques dépendent essentiellement du milieu traversé, des fonctions de la route et de la limitation de vitesse.

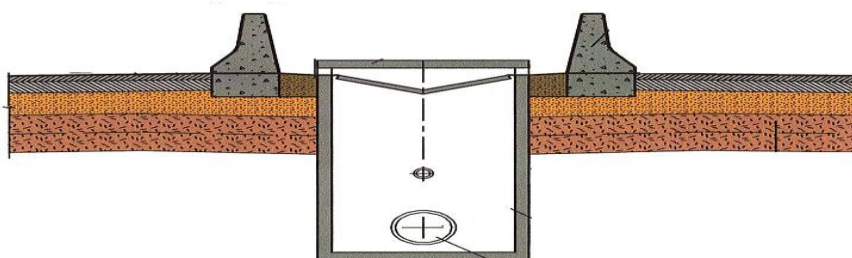


Fig12. Détail de terre-plein central (TPC)

a. Bande dérasée gauche (B.D.G) :

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et éviter un effet de paroi linéaux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles divisibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

b. Bande médiane (B.M) :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et d'éventuelles piles d'ouvrages. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés. Si elle est inférieure ou égale à **3 m**, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.

3.3 Accotement :

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

❖ La zone de sécurité :

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 8,50 m En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

Dans la zone de sécurité, doit être isolé (sinon exclu), tout dispositif agressif tel :

- obstacle : arbre, poteau, maçonnerie, support de signalisation directionnelle, paroi rocheuse, appui d'ouvrage d'art...
- Caniveau non couvert.
- Fossé dépassant 50 cm de profondeur, sauf fossé de pente inférieure à 25%.
- Talus de déblai ou un merlon dont la pente dépasse 70%.
- Remblai de plus de 4 m de haut, dont la pente dépasse 25%, ou de plus de 1 m en cas de dénivellation brutale.

❖ La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :

- **La B.A.U** facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une sur largeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U.

Sa largeur lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus) est :
L(B.A.U)= 2.5 m.

- **La berme : Elle** participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisation verticale...).Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de **1,00 m** minimum.

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

4. PROFILS EN TRAVERS AU DROIT DES OUVRAGES D'ART :

Au droit de tout ouvrage d'art courant, les voies de circulation, les B.A.U et les bandes dérasées conservent la même largeur qu'en section courante.

Pour un passage supérieur, le choix du type d'ouvrage (nombre, position et largeur des piles) nécessite d'en intégrer les conséquences quant aux éléments du profil en travers. Par ailleurs, l'ouvrage doit dégager une hauteur libre de 5,75 m au minimum en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

En outre, une revanche – habituellement de 0,10 m – est réservée pour permettre un rechargement ultérieur de la chaussée. La hauteur libre d'une structure légère (passerelle piétons, portique de signalisation...) est majorée de 0,50 m.

Pour notre projet, nous avons implanté une hauteur libre de 5,75 m en tout point de la largeur rouable de l'autoroute.

5. PENTES TRANSVERSALES :**5.1 Valeurs du dévers :**

- En alignement et en courbe non déversée, la pente transversale d'une chaussée est de 2,5 vers l'extérieur.

- Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe. La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de $1/R$, entre 2,5% pour Rnd et 7% pour Rm.

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

5.2 Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

a. Point de rotation des dévers

Le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme.

b. Evacuation des eaux de ruissellement

Lorsqu'il est nécessaire d'introduire un changement de dévers, la longueur de la chaussée sur laquelle règnent les dévers compris entre -1% et +1% est déterminée de manière à ne compromettre ni l'écoulement des eaux de ruissellement, ni l'aspect du tracé.

Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5% en tout point de la chaussée. En courbe déversée, le T.P.C. est équipé de façon à évacuer les eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

6. Le profil en travers type pour le projet :

Le profil en travers type considéré pour la section courante de notre projet, comprendra **3voies** dans chaque sens, une terre plein central (TPC), des bandes d'arrêt d'urgence à droite et gauche et des bermes.

Le profil en travers aura une largeur d'assiette, composée comme suit :

- ❖ Terre plein central (TPC) de **2m**, composé de deux bandes dérasées de gauche(BDG) de**1m**,
- ❖ Trois chaussées de **10.5m** (une chaussée par sens avec 3 voies de3.5m).
- ❖ Deux bandes d'arrêt d'urgence (BAU) de **2.5m**.
- ❖ Deux glissières de **0.48m**, et deux bermes de **1.50m**.
- ❖ Les alignements linéaires et les rayons non déversés ont une pente transversale de 2.5% vers l'extérieur.

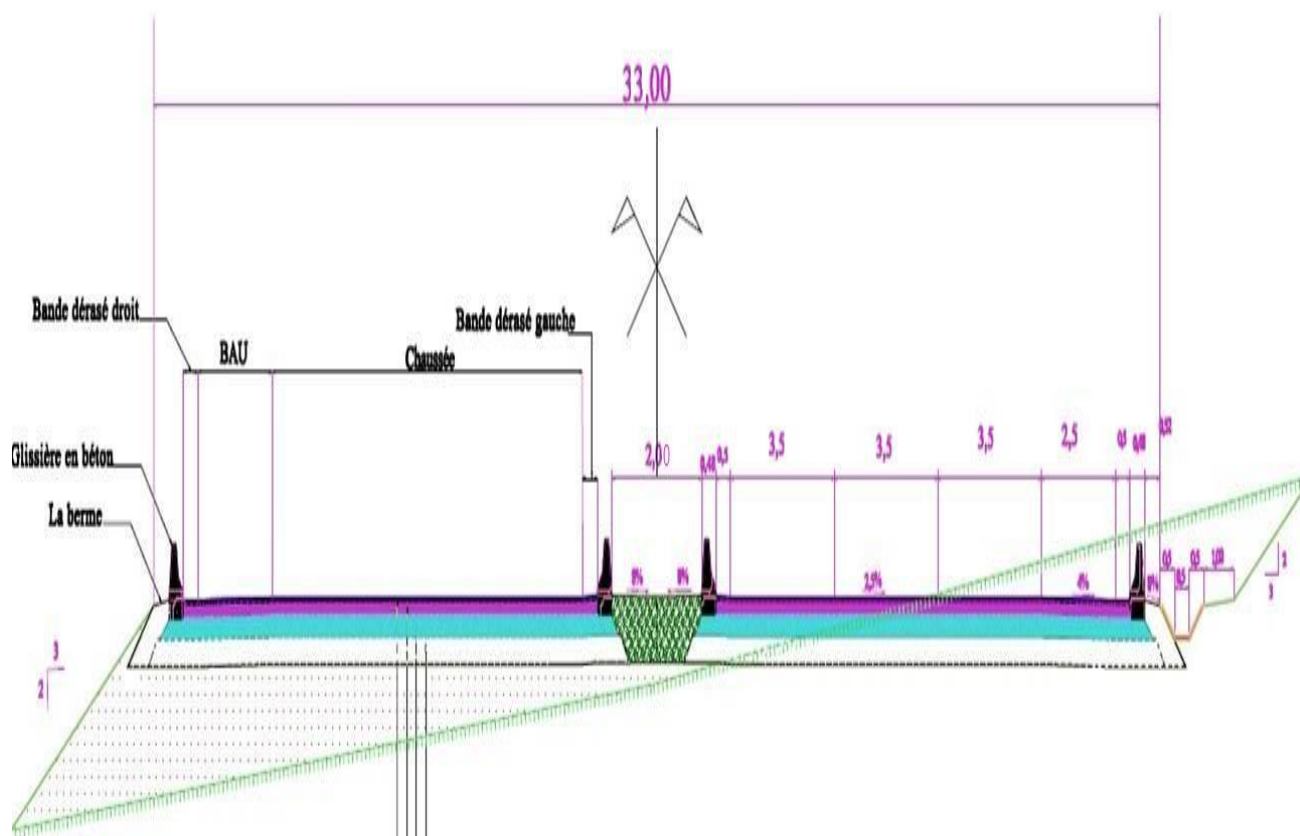


Fig13.Détail de profil en travers

ÉTUDE DE TRAFIC

1. Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autre terme, de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

2. Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique).
- Une enquête de circulation.

3. Différents type de trafic :

On distingue quatre types de trafic:

3.1. Trafic normal:

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

3.2. Trafic induit:

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

3.3. Trafic dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

3.4. Trafic total: C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

4. Modèles de présentation de trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

4.1. Prolongation de l'évolution passée:

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera:

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Ou :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_0 : \text{est le trafic à l'arrivée pour l'origine.} \\ \tau : \text{est le taux de croissance.} \end{array} \right.$$

4.2. Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques:

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

4.3. Modèle gravitaire:

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

4.4. Modèle de facteurs de croissance:

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine destination.

La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants:

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

5. Calcul de la capacité :

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

5-1 à un horizon Trafic donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic.

$$TJMA_n = MTJMA_0 (1 + \tau)^n$$

Tel que:

TJMA_n : trafic journalier moyen à l'année n.

TJMA₀ : trafic journalier moyen à l'année 0.

τ : taux d'accroissement annuel.

n : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

5-2 Trafic effectif:

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_n$$

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau n°15 : Coefficient d'équivalence « P »

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

5-3 Evaluation de la demande:

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = 0.12T_{\text{eff}}(\text{UVP/h})$$

5-4 Evaluation de l'offre:

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K₁ : coefficient qui dépend de l'environnement.

K₂ : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau n°16 : Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau n°17: 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

5-5 Calcul du nombre de voies :

Chaussée bidirectionnelle :

▪ On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

Tableau n°10 : Capacité théorique « Cth »

Chaussée unidirectionnelle :

▪ Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = \frac{s.Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

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

Tableau n°18: Capacité théorique

S : coefficient de dissymétrie, en général égal à $2/3$.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

6. Application au projet:

6.1 Les données de trafic :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé nous avons :

- Le trafic à l'année 2019 $TJMA_{2019} = 11651$ v/j
- L'environnement : **E1**, Catégorie **C1**.
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 120$ km/h
- Année de référence : **2019**.
- Année de mise en service : **2022**.
- Le pourcentage des poids lourds : **Z = 30%**.
- Taux de croissance annuelle de trafic : **T = 4%**.
- La durée de vie: **20ans**

➤ **Projection future de trafic :**

$$TJMA_{2022} = TJMA_{2019} (1 + \tau)^3$$

$$TJMA_{2022} = 11651 (1 + 0.04)^3$$

$$TJMA_{2022} = \mathbf{13106 \text{ v/j.}}$$

➤ **Trafic à l'année (2042) pour une durée de vie de 20 Ans :**

$$TJMA_{2042} = 13106 (1 + 0.04)^{20}$$

$$TJMA_{2042} = \mathbf{28717 \text{ v/j.}}$$

➤ **Calcul du trafic effectif :**

$$T_{\text{eff}2042} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2042}$$

$$T_{\text{eff}2042} = [(1 - 0.30) + 3 \times 0.30] 28717.$$

$$T_{\text{eff}2042} = \mathbf{45947 \text{ uvp/j.}}$$

➤ **Débit de pointe horaire normale :**

$$Q_{2042} = (1/n) \times T_{\text{eff}2042}$$

Avec (1/n) : coefficient de point horaire pris est égale à 0.12 (n= 8 heures).

$$Q_{2042} = 0.12 \times T_{\text{eff}2042}$$

$$Q_{2042} = 0.12 \times 45947$$

$$Q_{2042} = \mathbf{5544 \text{ uvp/h.}}$$

➤ **Débit admissible :**

$$Q \leq Q_{\text{adm}} = K1 \times K2 \times C_{\text{th}}$$

$$Q_{\text{adm}} = C_{\text{th}} \times (K1 \times K2). \begin{cases} \text{catégorie C1} & \{ K1 = 0,75 \\ \text{environnement E1} & \{ K2 = 1 \end{cases}$$

Et la capacité théorique $C_{\text{th}} = 1800 \text{ uvp/h}$

$$Q_{\text{adm}} = 1800 \times (0.75 \times 1)$$

$$Q_{\text{adm}} = \mathbf{1350 \text{ uvp/h.}}$$

Le nombre des voies :

$$N = S \times (Q/Q_{\text{adm}}) \text{ Avec: } \mathbf{S = 2/3}$$

$$N = (2/3) \times (5544/1350) = \mathbf{2.74}$$

$$N = \mathbf{2,74 \text{ voie}}$$

Donc l'autoroute est de (2 x 3) voies.

➤ **Détermination de l'année e saturation dela pénétrante :**

ondétermine la durée de vie avant de saturation de autoroute en 2*3 voie par laformule suivante :

$$Q_{2022} = 0.12 * T_{\text{eff}2022}$$

$$T_{\text{eff}2022} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2022}$$

$$T_{\text{eff}2022} = [(1 - 0.30) + 3 \times 0.30] 13106$$

$$T_{\text{eff}2022} = 20970 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2022} = 0.12 * 20970 \implies Q_{2022} = 2621 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 6 * 1350 \implies Q_{\text{saturation}} = 8100 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n * Q_{2022} \implies n = \frac{l^n (Q_{\text{saturation}} / Q^{2022})}{l^n (1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{8100}{2621})}{\ln(1 + 0.04)} = 27,76 \implies n = 27,76 \approx 27 \text{ ans.}$$

D'où notre route sera saturée **27 ans** après la mise en service donc l'année de saturation est :

$$2022 + 27 = 2049$$

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

Tableau n°19: Résultats de calcul de capacité.

TMJA2022	TMJA2042	TRAFIC Effectif	Nombre de voies
13106 v/j	28717 v/j	20970 uvp/j	3 voie/sens

ETUDE GEOTECHNIQUE

1-INTRODUCTION:

L'objet de l'étude géotechnique routière est de prévoir le comportement des sols ou les matériaux granulaires, soit à l'occasion des travaux de terrassement, soit lorsque la chaussée est en service et que le sol supporte des charges répétées et subit les intempéries.

Il faut par exemple pouvoir apprécier les tassements d'un remblai, les mouvements propres d'une plate-forme sous l'effet des variations saisonnières du niveau de la nappe phréatique, l'épaisseur convenable qu'il faut donner à une chaussée pour que le sol de plate-forme ne soit pas soumis à des pressions trop élevées, etc.

Ces problèmes ne sont encore que très imparfaitement résolus par-ce-que les sols rencontrés à la surface des zones habitées du globe sont d'une extrême diversité et ne se laissent pas caractériser par quelques essais simples. D'autre part, les conséquences d'une défaillance de la chaussée ne sont jamais très graves pour l'utilisateur, par comparaison à la défaillance d'un ouvrage d'art (pont, barrage, etc.).

2-LES DIFFERENTS TYPES DES ESSAIS :

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place :

- Les essais en place : essais pénétromètre statique ou dynamiqueetc.,
- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

3-LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE :

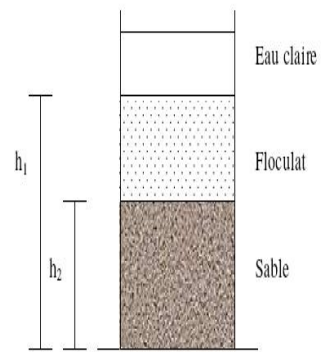
3-1- LES ESSAIS D'IDENTIFICATIONS :

3-1-1- Essai d'Analyse granulométrique :

La granulométrie est l'étude de la distribution statistique des tailles d'une collection d'éléments finis de matière naturelle ou fractionnée.

La distribution granulométrique est la représentation sous forme de tables de nombres ou de graphiques des résultats expérimentaux de l'analyse granulométrique.

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80µm et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à 80µm.



Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
D > 20	Cailloux	Sols Grenus
20 > D > 2	Graves	Sols Grenus
2 > D > 0.2	Gros sable	Sols Grenus
0.2 > D > 0.02	Sable fin	Sols Grenus
0.02 > D > 2 µ	Limons	Sols fins
D < 2 µ	Argiles	Sols fins

Tableau n°20: l'analyse granulométrique

3-1-2-Essai d'Equivalent de sable :

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propriété d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en éléments fins, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur.

Principe : L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution floculant dans un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon.

On complète alors le sable en utilisant le reste de solution floculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées, (la hauteur h2 du sable et la hauteur h1 du sommet du floculat).

L'équivalent de sable est le rapport de la hauteur du sable sur la hauteur du sommet du floculat totale, exprimé en pourcentage.

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$

3-1-3-Essai de Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg définissent à la fois un indicateur qualifiant la plasticité d'un sol, mais aussi l'essai qui permet de définir ces indicateurs. Cet essai a été établi par l'agronome suédois Atterberg.

La teneur en eau d'un sol peut en effet beaucoup varier au cours des opérations de terrassements. Pour la fraction fine (graviers exclus), la cohésion tient à la présence d'eau : parfaitement sec, le matériau serait pulvérulent. Au-dessus d'une certaine teneur (limite de plasticité), on peut le pétrir en forme de boudin, de boulette ou de fil. Pour une teneur plus forte (limite de liquidité), il forme un liquide, visqueux, qui ne conserve pas la forme qu'on lui a donnée.

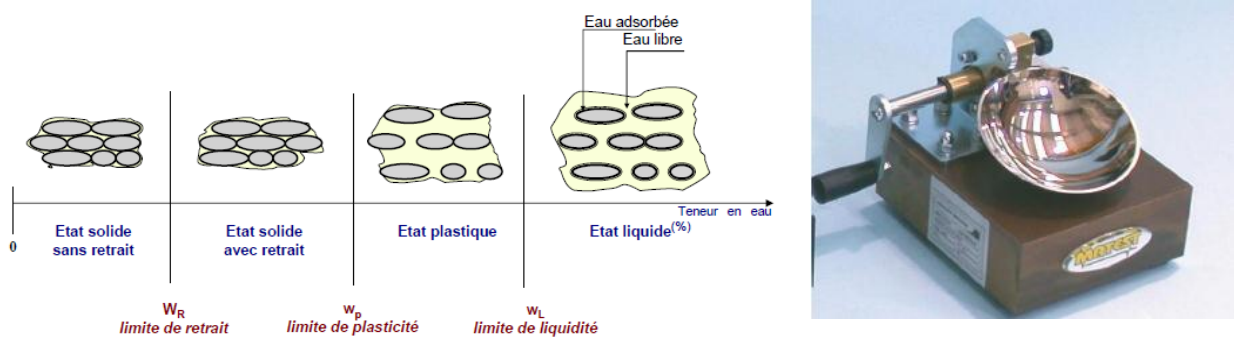
La détermination, soigneusement normalisée, de ces deux teneurs caractéristiques appelées limites d'Atterberg, est un élément important d'identification, et permet déjà de prévoir certaines propriétés.

3-1-3-1- Limite de liquidité :

La limite de liquidité (WL) caractérise la transition entre un état plastique et un état liquide. C'est la teneur en eau pondérale, exprimée en pourcentage, au-dessus de laquelle le sol s'écoule comme un liquide visqueux sous l'influence de son propre poids.

3-1-3-2- limite de plasticité :

La limite de plasticité (Wp) caractérise la transition entre un état solide et un état plastique. Cette limite indique la teneur en eau pondérale, en pourcentage, maximale pour travailler un sol et éviter la compaction. En dessous de cette limite, le sol est friable ou facilement travaillable d'un point de vue agronomique.



$$\text{Indice de liquidité : } I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$$

Figure n° 14 : Essai de Limites d’Atterberg

$$\text{Indice de densité : } I_d = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

Il mesure l’étendue de la plage de teneur en eau dans laquelle le sol se trouve à l’état plastique, $I_p = w_L - w_p$

Suivant la valeur de leur indice de plasticité. Les sols peuvent se classer comme suit :

Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < I_p < 5$	Non plastique.
$5 < I_p < 15$	Moyennement plastique.
$15 < I_p < 40$	Plastique.
$I_p > 40$	Très plastique.

Tableau n°21: Indice de plasticité

La plasticité est une propriété caractéristique des éléments très fins ou argileux du sol, en relation avec l'existence de couches d'eau adsorbée.

On conçoit donc que les limites d'Atterberg et l'indice de plasticité d'un sol varient non seulement avec l'importance de sa fraction argileuse mais également avec la nature des minéraux argileux et des cations adsorbés.

3-1-3- Essai au bleu de méthylène : L’essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d’un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient.

But de l'essai : L'essai a pour but de révéler la présence de fines de nature argileuse et d'en déterminer la concentration.

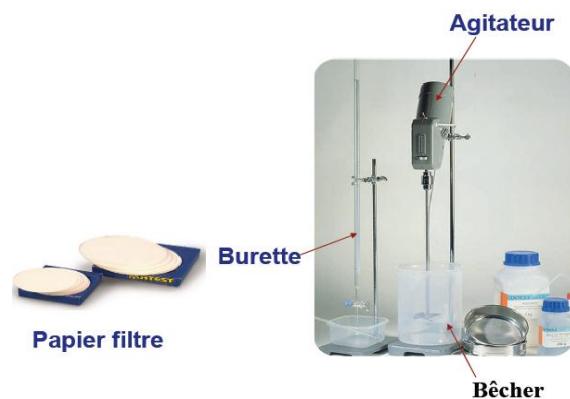
Principe de l'essai : L'essai consiste à prélever un échantillon de sol et d'injecter successivement d'une solution de bleu de méthylène dans un bêcher contenant l'échantillon.

L'adsorption de la solution colorée par l'échantillon est vérifiée après chaque ajout de solution en effectuant un test à la tache sur du papier filtre pour déceler la présence de colorant libre.

Lorsque la présence de colorant libre est confirmée, la valeur de bleu de méthylène est calculée et exprimée en grammes de colorant adsorbé par kg de la fraction granulaire testée.

Equipement nécessaires :

- ✓ Baguette de verre.
- ✓ Solution de bleu de méthylène.
- ✓ Papier filtre.
- ✓ Becher.
- ✓ Agitateur.



3-2- LES ESSAIS MECANIQUE :

Figure n°15 : Essai au bleu de méthylène

3-2-1-Essai Proctor :

L'essai Proctor est un essai qui permet de déterminer la densité maximale du sol et des granulats analysés. Il est fréquemment utilisé en ingénierie géotechnique et en laboratoire d'analyse de sol.

L'essai consiste à tester la compacité du sol pour une teneur en eau variable.

L'optimum est alors déterminé par le point maximal de la courbe qui donne la teneur en eau optimale pour une compacité maximum.



Figure n° 16 : Essai Proctor

3-2-2-Essai C.B.R :

Cet essai donne une mesure de la portance relative des sols par rapport à un sol type, constitué par des pierrailles concassées et compactées, extraites d'une carrière de Californie.

L'indice portant CBR est le rapport (exprimé en %) de la pression produisant un enfoncement donné au moyen d'un poinçon cylindrique normalisé (de section 19.32 cm^2) se déplaçant à une vitesse déterminée (1.27 mm/min) et de la pression nécessaire pour enfoncer le même poinçon dans les mêmes conditions, dans un matériau type.



Figure n° 17 :Essai C.B.R

Principe de l'essai : On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié).

But de l'essai : L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Essai Los Angeles :

Principe de l'essai : L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés et aux frottements réciproques dans la machine Los Angeles. Le poids de la charge de boulets varie en fonction du type de granularité.

Si P est le matériau soumis à l'essai, p le poids des éléments inférieurs à 1,6 mm produits au cours de l'essai, la résistance combinée à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques s'exprime par la quantité : $CLA = 100 \times p / P$.

Cette quantité sans dimension est appelée, par définition, 'coefficient Los Angeles' du matériau.

But de l'essai :

L'essai permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par chocs et à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

Il s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des assises de chaussée, y compris les couches de roulement.

3-2-1-Essai Micro-Deval :

Le Micro-Deval est utilisé pour tester la résistance des agrégats fins/grossiers à la dégradation par abrasion. Ces essais sur les agrégats fins/grossiers déterminent leur pertes par abrasion en présence d'eau et de charge abrasive.

But de l'essai :

L'essai Micro-Deval permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Matériels utilisés :

- ✓ Appareil Micro-Deval 115V 60 Hz.
- ✓ Jarre en acier inoxydable; capacité: 5.03 litres.
- ✓ Billes de 9.5 mm en acier inoxydable.
- ✓ Minuterie / contrôleur digital 24 heures.
- ✓ Aimant pour retirer billes.



Figure n° 18 : Appareil Micro-Deval

4-LES DIFFERENTS ESSAIS EN PLACE :

4-1-Les essais de pénétration : Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- ✓ Pénétromètre dynamique.
- ✓ Le standard pénétromètre test ou SPT.
- ✓ Pénétromètre statique.

5-CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

- Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.
- Les matériaux de remblais seront exempts de :
Pierre de dimension > 80mm.

Matériaux plastique IP > 20% ou organique.

Matériaux gélifs.

- Eviter les sols à forte teneur en argile.
- Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.
- Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

N.B : Vu le manque du rapport géotechnique comme donné, on n'a pas pu traiter cette partie.

Pour notre projet, les résultats fournis par la direction des travaux publics sont :

- CBR = 5,7
- IP=25,98%
- $\gamma_d=1.83 \text{ T/m}^3$

Ils sont majoritairement de classification A3 (sous-classe A3-th), selon le G.T.R (guide technique - réalisation des remblais et couche de forme -fascicule 2 -juillet 2000 - 2ème édition).

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSE

1.Introduction : Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et par conséquent, l'état de son infrastructure est crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier .cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement 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 chaussée.

2.La chaussée :

2-1 Définition : Après l'exécution des terrassements, y compris la couche de forme, la route, la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est défini comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

2-2 Les différents types de chaussée : Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

2-2-1 Chaussée souple : Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

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

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

❖ **Couche de forme** : La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70

❖ **Couche de fondation** : Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

❖ **Couche de base** : La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

❖ **Couche de roulement (surface)** : La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

2-2-2 Chaussée semi-rigide : On distingue :

❖ Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

❖ Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

2-2-3 Chaussée rigide : Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

3. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

3-1 Trafic : Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5 tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :
De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau.$$

τ : Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

3-2 Environnement : Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi ; la variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

3-3 Le Sol Support : Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- ❖ De la nature et de l'état du sol ;
- ❖ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

3-4 Matériaux : Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

4. Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées. Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

4-1 Method C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après:

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

- **e**: épaisseur équivalente.
- **I**: indice CBR (sol support).
- **n**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.
- **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- **Log**: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

❖ **Coefficient d'équivalence :**

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concasse ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume	1,20 à 1,70
Tuf	0,60

Tableau n°22:Coefficient d'équivalence

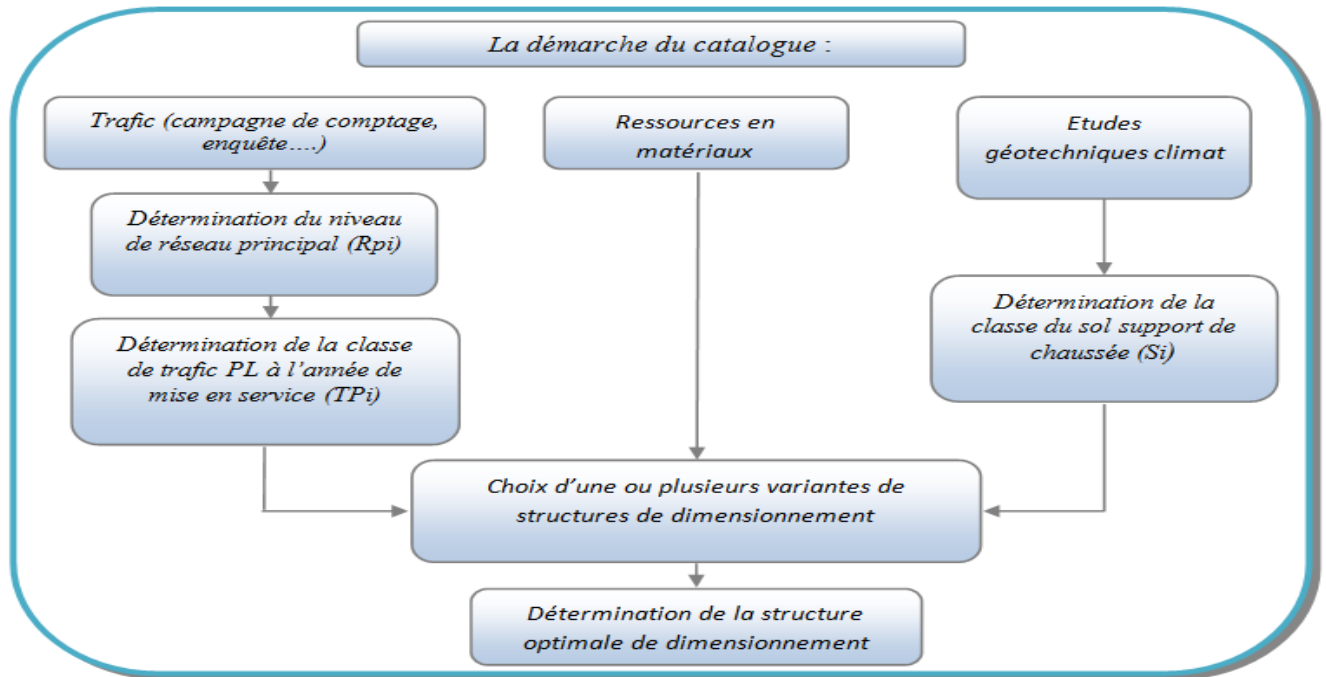
4-2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves:

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- ❖ Approche théorique.
- ❖ Approche empirique.



5.Application au projet :

5-1 Méthode de C.B.R :

❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : **2019.**
- TJMA2019=**11651 v/j**
- Mise en service : **2022**
- Durée de vie : **20 ans**
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : **Z = 30 %**
- C.B.R=**5,2**

❖ **Répartition de trafic :**

TJMA₂₀₄₂ = 28717 (V/j).

TJMA₂₀₄₂ = 14359(V/j/sens)

TPL₂₀₄₂ = 0,30 × 14359 = 4308PL /j/sens

$$E = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \times \log \frac{4308}{10})}{5,2 + 5}$$

E ≈ 62cm.

❖ **Epaisseur équivalente :**

$E_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 62 \text{ cm}$.

Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessous

$a_1 = 2.00$

$e_1 = 2 \times 7 = 14 \text{ cm}$

Couche de Base « Grave Bitume GB » :

$a_2 \times e_2 = 15 \times 1.5 = 22.50 \text{ cm}$

Couche de Fondation «Grave Non Traité GNT»:

$a_3 = 1$

Épaisseur équivalente :

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :

$e = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3$

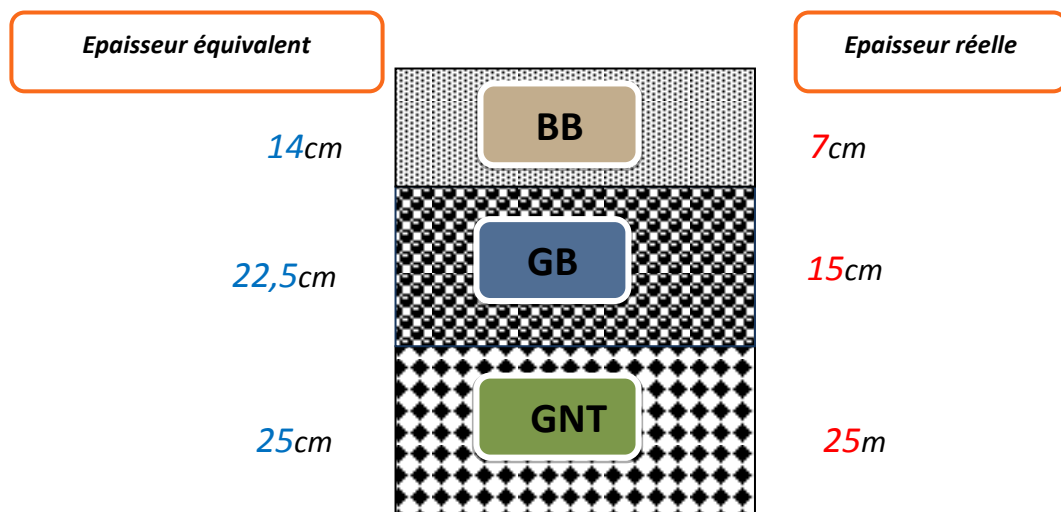
$e = 7 \times 2 + 15 \times 1,5 + e_3 \times 1 = \mathbf{62 \text{ cm}}$

$e_3 = [62 - (7 \times 2 + 15 \times 1.5)] / 1 = \mathbf{25,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}}$

$e_3 = 25 \times 1 = \mathbf{25 \text{ cm}}$

Donc l'épaisseur réelle est de

7(BB) + 15(GB) + 25(GNT)



5-2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : **2019**.
- TJMA₂₀₁₉=**11651 v/j**
- Mise en service : **2022**
- Durée de vie : **20 ans**
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : **Z = 30 %**
- C.B.R=**5,2**

❖ **Détermination du type de réseaux principaux :**

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

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

Tableau n°23: classification des réseaux principaux

TJMA₂₀₁₉= 11651 (V/j).

11651 (V/j) > 1500(V/j) \longrightarrow le réseau principale est **RP1**.

❖ **Détermination de la classe de trafic :**

• **définition du poids lourd :**

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

TJMA₂₀₁₉= 5826 (V/j/sens).

TPL₂₀₁₉ = 0,3×5826 = 1748 PL/j/sens.

TPL₂₀₂₂= (1+ τ)³ . PL₂₀₁₉ = (1+0,04)³×1748 \approx 1966 (PL/j/sens).

• **répartition transversale du trafic :**

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- **chaussée bidirectionnelles** à 3 voies : 80% du trafic PL.

TPL₂₀₂₂= 1966×0.8 = **1573 (PL/j/sens)**.

• **détermination de la classe de trafic (TPL_i) :**

Les classes de trafic (TPL_i) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Classe TPL_i pour RP1 :

TPL _i	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau n°24: classes de trafic (TPL_i)

TPL = 1573(PL/j/sens). —————> La classe de trafic est TPL₅.

❖ **détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

- Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S₄ à S₀. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

- classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

portance (S _i)	CBR
S ₄	<5
S ₃	5-10
S ₂	10-25
S ₁	25-40
S ₀	>40

Tableau n°25: classes de portance des sols

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S₃, S₂, S₁, S₀. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E (MPa) = 5.CBR$$

Classes de sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau n°26: Les valeurs des modules

$$E(MPa) = 5 \times 5,2 = 28,5 (MPa)$$

25 < 5x5,2 < 50 la classe de portance de sol support est de S₃.

• **Sur classement des sols supports de chaussées :**

Le cas de sols de faible portance (**S₃** en **RP1**) est rencontré, le recours à **une couche déforme** devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Tableau n°27 : choix de la couche de forme

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Sj)
S3	Matériaux non traités (*)	40 cm(en bicouches)	S3

Matériaux non traités (*) : grave non traitée (**G.N.T**), matériaux locaux (**T.V.O**, tufs, etc...)

❖ **Choix de différentes couches constitue de la chaussée :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : **BB**.
- Couche de base : **GB**.
- Couche de fondation : **GNT**.

• **Détermination de la zone climatique :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique II.

• **Choix de dimensionnement :**










Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la **zone climatique II**, durée de **vie de 20 ans**, taux d'accroissement (**4%**), portance de sol (**S3**) et une classe de trafic (**TPL5**).

Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Nouvelles

RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GNT

FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE NON TRAITEE

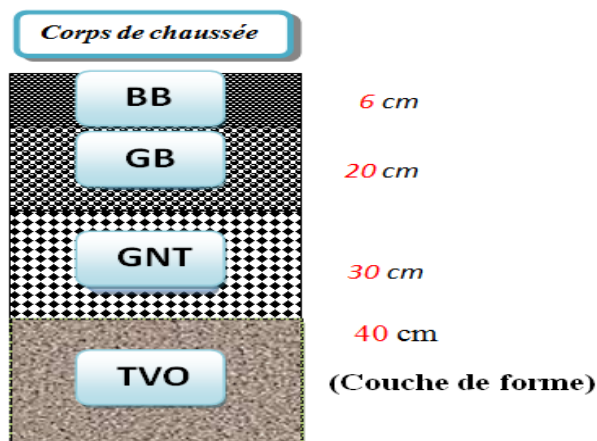
Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPI PL/j/sens	S1	S2	S1	S0
	50 MPa	42.5 MPa	50 MPa	200 MPa
6000				
TPI 7				
3000				
5000				
TPI 6				
1500				
TPI 5				
600				
TPI 4				
300				
TPI 3				
150				

Si : Classe de sol support, TPI : Classe de trafic PL/jour/sens
 BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitumée (0/10), GNT : Grave non traitée
 Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15), GNT : (min = 15, max = 25)
 Toutes les épaisseurs sont données en cm

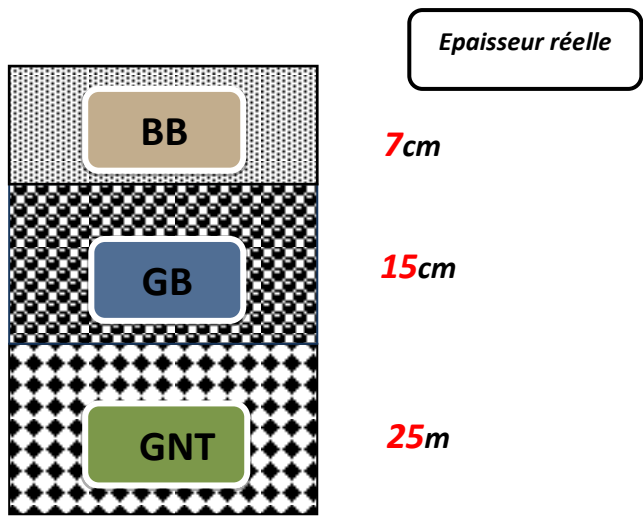
Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

- couche de roulement : BB = 6 cm.
- couche de base : GB = 20cm.
- couche de fondation : GNT = 30 cm.



6. Conclusion : la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

$$7BB + 15GB + 25GNT$$



ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :

“ **L’autoroute vaut ce que vaut son assainissement**”, en effet sous toutes leurs formes, météorologiques ou superficielles, les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée. L’assainissement routier se divise en deux principaux volets; le premier concerne le drainage des eaux de la plateforme autoroutière; le deuxième concerne le rétablissement des écoulements naturels des bassins versants interceptés par l’infrastructure autoroutière :

- L’assainissement de la plateforme autoroutière consiste à drainer les eaux hors de celle-ci et les évacuer dans les meilleures conditions de sécurité pour les usagers grâce à un ensemble d’ouvrages formant le réseau.
- Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité de l’écoulement vers l’aval des eaux des bassins versants naturels franchis par l’infrastructure à travers des ouvrages suffisamment dimensionnés.

2. 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).
- Assurer l’évacuation des eaux d’infiltration à travers de corps de la chaussée.
- Evacuation des eaux s’infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme.

3. Types de dégradation :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de :

❖ Pour les chaussées :

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

❖ Pour le talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

4. RESEAUX LONGITUDINAUX :**4.1 Réseaux de pied de talus de déblai :**

En ce qui concerne les eaux superficielles, ce réseau récupère les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus, il est constitué d'un fossé peu profond, bétonné et aux formes de trapézoïdale pour améliorer la sécurité du talus

Dans le cas où les eaux de ruissellement sont collectées à différents niveaux sur le talus (en crête ou sur les risbermes), le réseau comprend aussi des ouvrages de raccordement: descentes d'eau à cunette ou à collecteur.

En ce qui concerne les eaux internes, les fonctions essentielles d'un réseau de pied de talus de déblai sont les suivantes:

- Capturer les eaux infiltrées dans l'ouvrage de collecte des eaux superficielles et le talus de déblai.
- Evacuer une partie des eaux infiltrées à travers la chaussée et l'accotement.
- Intercepter des venues d'eau latérale (localisées ou non).
- Contribuer au rabattement d'une nappe
- Contribuer à la lutte contre l'effet de bord

4.2 Réseau de crête de talus de remblai :

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur. Le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation. En principe, on prévoit un tel réseau dès que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions où les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autres cas.

4.3 Réseau de pied de talus de remblai :

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes:

- Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains;

- Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus .pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme. Dans certain cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.

4.4 Réseau de crête de talus de déblai:

Ce réseau ne justifie que si le terrain naturel constitue, par sa pente et son étendue, un bassin versant dont l'apport d'eau risque de provoquer l'érosion du talus. Mal réalisés ou peu entretenus, ces ouvrages peuvent en effet compromettre la stabilité des talus. Leur réalisation doit donc rester exceptionnelle. Ce réseau doit être constitué d'un ouvrage entièrement revêtu, afin d'éviter les infiltrations dans le talus, et être implanté en léger retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.

4.5 Descentes d'eaux : dans la section d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblai dépasse les 2.50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eaux pour éviter érosion de la terre. Elles sont espacées généralement tous les 50m lorsque la pente en profile en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1%. Leur espacement varie entre 30m et 40m.

5. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES :

L'assainissement des chaussées doit se soumettre aux exigences suivantes :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée, (danger d'aquaplaning).
- 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).
- Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations comme fossé, dalots.
- Leurs dimensions seront fonction du débit d'eaux recueillis.

6. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSINISSEMENT :

6.1 L'estimation du débit de pointe :

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'estimation des débits de pointe d'un sous bassin versant, parmi ces méthodes, celle de rationnelle.

Cette méthode dont nous rappelons très sommairement le principe : $Q_a = Q_s$

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

$$Q_s = K_{st} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \times S$$

- K_{st} : coefficient de **STRICKLER** qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage : (*Paroi en terre* : $7 < K_{st} < 30$; *Paroi en béton* : $50 < K_{st} < 60$).
- S : section mouillée.
- R : rayon hydraulique (m).
- I : la pente moyenne de l'ouvrage.

Le débit d'apport (pointe) en provenance du bassin versant (m^3/s) est donné par la formule suivante : $Q_a = K.C. i. A$

Dans laquelle

- Q_a : débit d'apport en m^3/s ;
- K : Coefficient de conversion des unités $K = 0.278$
- C : coefficient de ruissellement.
- i : intensité des pluies maximales en (mm/h) pour une durée t prise égale au temps de concentration T_c ;
- A : superficie du bassin versant en (km^2).

Remarque importante : d'après **SETRA**: la formule $Q_a = K.C. I_t. A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

Q_a en (m^3/s) valable pour : I en (mm/h) ; A en (km^2) ; $K = 0.278$

Ou

Q_a en (L/s) valable pour : I en (mm/h) ; A en (ha) ; $K = 2.78$

6.2 Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après.

Tableau n°28 : les coefficients de ruissellements

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Les valeurs des coefficients de rugosité (**k**) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°29: valeurs des coefficients de rugosité pour différent ouvrage d'assainissement :

ouvrage d'assainissement	En terre	Buses métallique	maçonneries	Béton (dalots)	Béton (Buses préfabriquées)
coefficients de rugosité (k)	30	40	50	70	80

6.3 intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

1) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

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

Avec :

- P_{jmoy} : pluie moyenne journalière.
- C_v : coefficient de variation climatique
- U : variation de Gauss.

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans.

Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

Tableau n°30 : Valeur de coefficient de gauss en fonction de fréquence

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,327

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

2) Calcul de fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec :

- P_t : pluie journalière maximale annuelle.
- P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- b : Exposant climatique.
- t_c : Temps de concentration (heure).

3) Le temps de concentration :

La durée de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé ; Le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

- ❖ lorsque $A < 5 \text{ km}^2$: $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$
- ❖ lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$
- ❖ lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$: $t_c = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$

Où :

- **Tc** : Temps de concentration (**heure**).
- **A** : Superficie du bassin versant (**km²**).
- **L** : Longueur de bassin versant (**km**).
- **P** : Pente moyenne du bassin versant.
- **H** : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (**m**).

4) L'intensité horaire :

$$i = \frac{P(t)}{tc}$$

i : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (heure).

P(t) : Hauteur de la pluie de durée tc (mm)

7. APPLICATION AU PROJET :

1) Données pluviométriques :

- La pluie journalière moyenne : **P_{jmoy} = 36,60mm**
- Le coefficient de variation : **Cv = 0,34**
- L'exposant climatique : **b = 0.29**

2) Calcul hydraulique :

a. Calcul de précipitation journalière:

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

En général pour les routes principales on prend en compte de fréquence décimale (10 ans), donc la variable de gauss U=1,28 et Cv =0,34

$$P_j (10\%) = \frac{36,6}{\sqrt{0.34^2 + 1}} \cdot e^{1.28 \sqrt{\ln(0.34^2 + 1)}} = \mathbf{52,916mm}$$

b. Calcul l'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^B, \quad B = b-1$$

I : c'est l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

(Pendant 10 ans) I = $\frac{P_j(10\%)}{24}$

Pour: $P_j(10\%) = 52,916 \text{ mm} \rightarrow I = \frac{52,916}{24} = 2,205 \text{ mm/h}$

c. Calcul de surface des sous bassins versants :

Le dimensionnement des fossés dépend de profil en long et les points de refoulement (un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

- **Surface de la chaussée:** $A_C = (0.5+10.5) \times 500 = 5500 \text{ m}^2 = \mathbf{0.55 \text{ ha}}$
- **Surface de la BAU:** $A_{bau} = (2.5+0.5) \times 500 = 1500 \text{ m}^2 = \mathbf{0.15 \text{ ha}}$
- **Surface de la berme :** $A_b = 1,50 \times 500 = 750 \text{ m}^2 = \mathbf{0.075 \text{ ha}}$
- **Surface du talus :** $A_t = 6 \times 500 = 3000 \text{ m}^2 = \mathbf{0.3 \text{ ha}}$

d. Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C. i. A$$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments {chaussée, accotement (BAU , berme), talus}, la section de 200m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

Donc : $Q_a = Q_c + Q_{BAU} + Q_b + Q_t$

$Q_c = K.I.C_c.A_c$

$Q_{BAU} = K.I.C_{BAU}.A_{BAU}$

$Q_b = K.I.C_b.A_b$

$Q_t = K.I.C_t.A_t$

I. Le débit apporté par la chaussée:

On a: **C=0,9 ; P=2,5%**

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = \mathbf{0,06 \text{ h}}$$

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 2,205 \times \left(\frac{0,06}{24}\right)^{-0,71} = \mathbf{155.54 \text{ mm/h}}$$

-Débit de la chaussée $\mathbf{Q_c = 2.78 \times 0.9 \times 155.54 \times 0.55 = 214,04 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$.

II. Le débit apporté par la BAU :

C= 0,9 ; P= 4%

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0,15}{4}} = \mathbf{0.025 \text{ h}}$$

$$I_t = 2,205 \left(\frac{0,025}{24}\right)^{-0,71} = \mathbf{288,95 \text{ mm/h}}$$

-Débit de la bande d'arrêt d'urgence :

$$\mathbf{Q_{bau} = 2.78 \times 0.9 \times 288,95 \times 0.15 = 108,44 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

III. Le débit apporté par la Berme :

C= 0.4; P= 8%

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0,075}{8}} = \mathbf{0.0123 \text{ h}}$$

$$I_t = 2,205 \left(\frac{0,0123}{24}\right)^{-0,71} = \mathbf{478,108 \text{ mm/h}}$$

-Débit du la berme $\mathbf{Q_b = 2.78 \times 0.4 \times 478,108 \times 0.075 = 39,87 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$.

IV. Le débit apporté par le talus :

C= 0,3 ; P= 67%

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{0,3}{67}} = \mathbf{0.009 \text{ h}}$$

$$I_t = 2,205 \left(\frac{0,009}{24}\right)^{-0,71} = \mathbf{596,82 \text{ mm/h}}$$

-Débit du talus: $\mathbf{Q_t = 2,78 \times 0,3 \times 596,82 \times 0,3 = 149.32 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$.

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_{bau} + Q_b + Q_t = 511.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}.$$

3) Dimensionnement du système de drainage longitudinal (les fossés) :

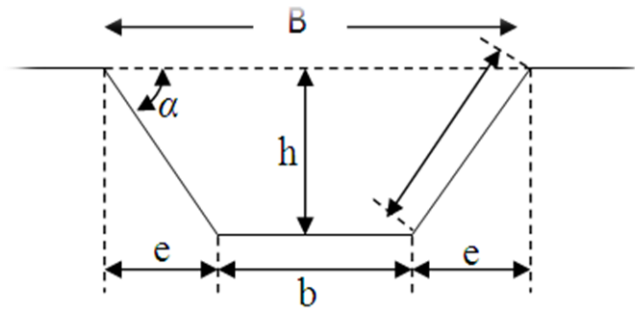
Le profil en travers hypothétique de fossés est donné dans la figure ci-dessous avec :

S_m : surface mouillée.

U : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique $R = \frac{S_m}{U}$

P : pente du talus $P = 1/n$



1) Calcul du débit de saturation (Q_s):

→ **La section mouillée :**

$$S_m = bh + 2(eh/2).$$

Avec : $1/\text{tg } \alpha = n$, d'où : $e = n.h$

$$S_m = bh + nh^2 \Rightarrow S_m = h(b + nh).$$

→ **Le périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2.B$$

$$\text{Avec : } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (hn)^2} = h\sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2h\sqrt{1 + n^2}$$

→ **Le Rayon hydraulique :**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{b + nh}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

On a $Q_s = Q_a$

$$\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S = \frac{1}{n} \times I^{1/2} \times \left[\left[\frac{h(b + nh)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times h(b + nh) \right]$$

On pose : $b = 0.5 \text{ m}$ et Pour un angle de $45^\circ \Rightarrow n = 1$.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : $I = 10^{-3}$ c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

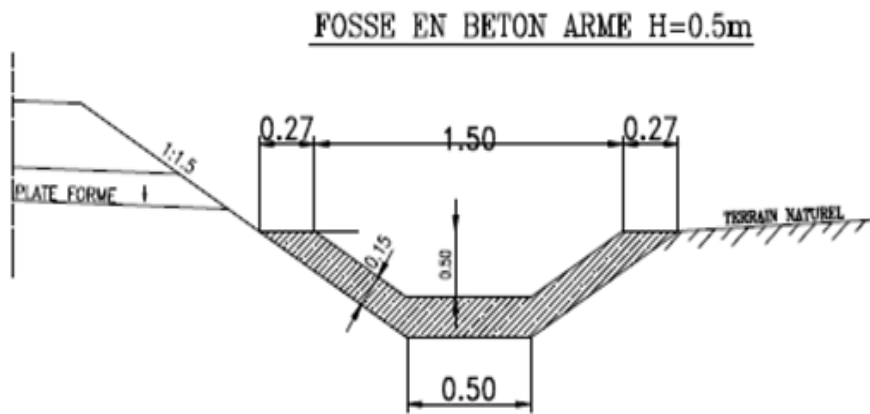
K_{ST} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton collé sur place).

Donc on obtient la formule suivante :

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{ST} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}} \Rightarrow H = \left[\frac{0.512}{70 \times 0.5 \times 0.001^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 5.65 \times 0.5]^{2/5}}{1 + 2.5 \times 0.5}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur $H = 0.49 \text{ m}$.

Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard ($b = 50 \text{ cm}$, $H = 50 \text{ cm}$, $B = 150 \text{ cm}$).



4) DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DRAINAGE TRANSVERSAL :

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute via des buses.

❖ APPLICATION AU PROJET :

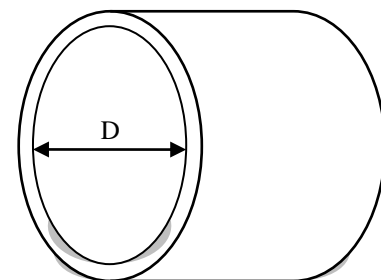
1) Dimensionnement des buses :

On a fait le dimensionnement des buses au **PK 4+244**, où nous avons un écoulement

Pour dimensionner les buses on prend

Tel que : $Q_s = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$

$Q_a = Q_s$



La forme de buse

→ **Section et périmètre mouillés :**

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$H_r = 0,75 \varnothing$ si $\varnothing \leq 1\text{m}$, \varnothing : diamètre de la buse.

$H_r = 0,80 \varnothing$ si $\varnothing > 1\text{ m}$

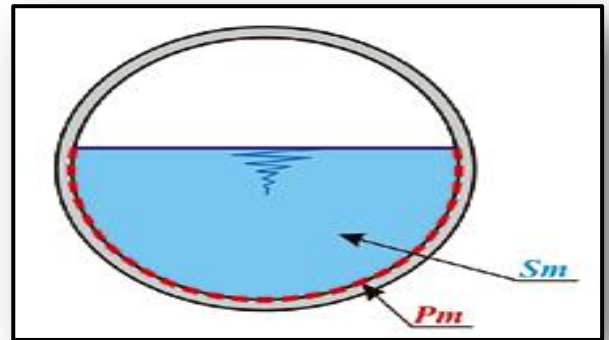
S_m : surface mouillée. $S_m = \frac{4}{5} \times \pi \times R^2$

P_m : le périmètre mouillé. $P_m = \frac{4}{3} \times \pi \times R$

R_h : rayon hydraulique. $R_h = \frac{3}{5} \times R$

R : rayon de la buse.

$K_{ST} = 80$ (pour les buses)



I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation du d'écoulement 4m/s.

Pour notre cas ; On a $I = 2\%$

Au PK 4+244 :

On a: $Q_a = 4.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q_s = Q_a = S \times K_{ST} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a = \left(\frac{4}{5} \times \pi \times R^2\right) \times K_{ST} \times \left(\frac{3}{5} \times R\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$R = \left[1.75 \frac{Q_a}{K_{ST} \cdot \pi \cdot I^{1/2}}\right]^{3/8} \Rightarrow R = 510 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 2R \Rightarrow \varnothing = 2 \times 510 = 1020$$

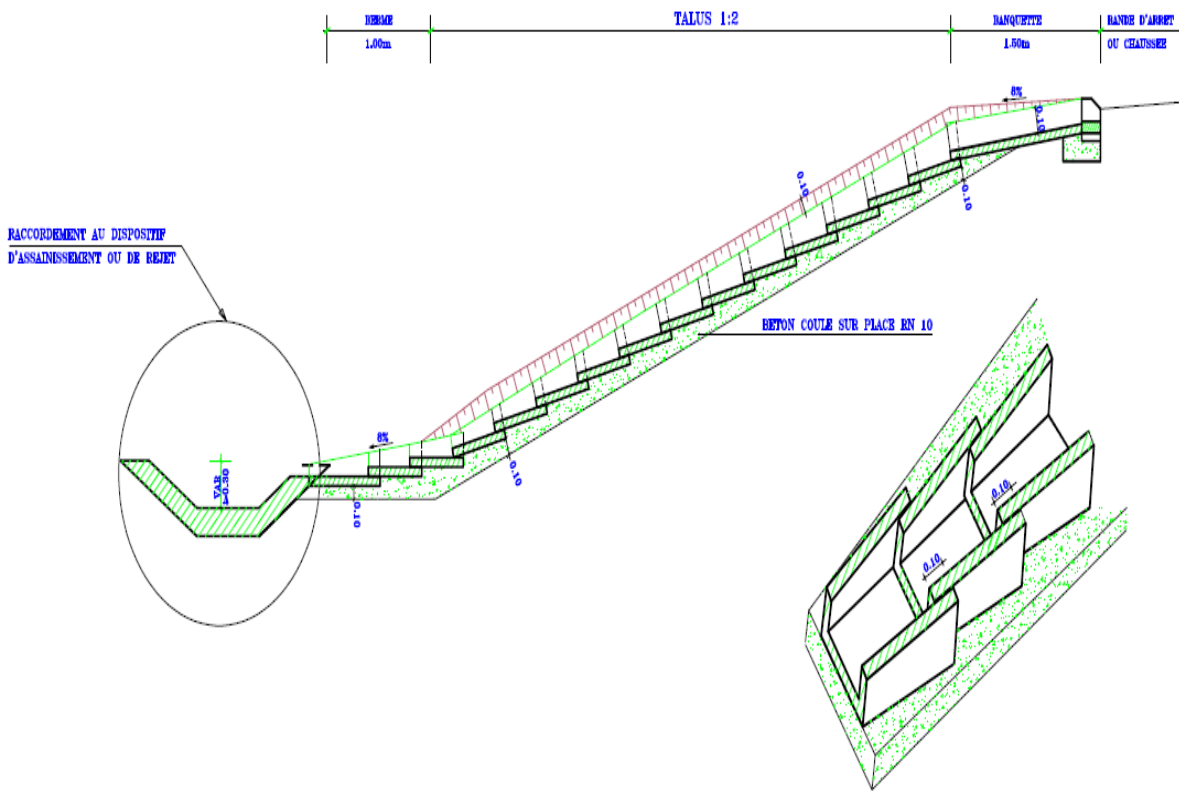
Donc on adopte un diamètre normalisé commercial qui égale à **1200mm**

2-TABLEAU RECAPITULATIF DES BUSES :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau n°31 : récapitulatif des buses

OUVRAGE HYDRAULIQUE	PK	DIMENSIONS
Buses	1+938	Ø=1000 mm
	4+244	Ø=1200 mm
	4+793	Ø=800 mm



Descentes d'eaux

CALCUL DE CUBATURE

1. Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont 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. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle « les cubatures des terrassements ».

2. GÉNÉRALITES :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

3. LES METHODES DU CALCUL :

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

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

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple et rapide, mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs. Pour être en sécurité, on prévoit une majoration des résultats.

4. DESCRIPTION DE LA METHODE :

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

$$V = \frac{Hm}{6} \times (S1 + S2 + 4Sm)$$

Hm : hauteur moyenne entre deux profils.

Sm: surface limitée à mi- distances des profils.

S1 : surface de profil en travers P1.

S2 : surface de profil en travers P2.

Les figures ci-dessous représentent les données du calcul d'un tracé donné :

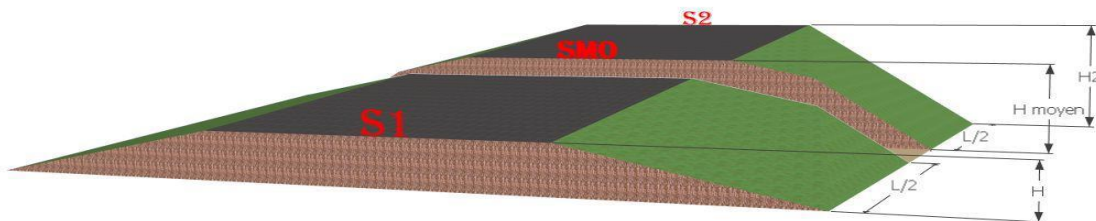


Fig.19 Les sections des profils en travers d'un tracé donné

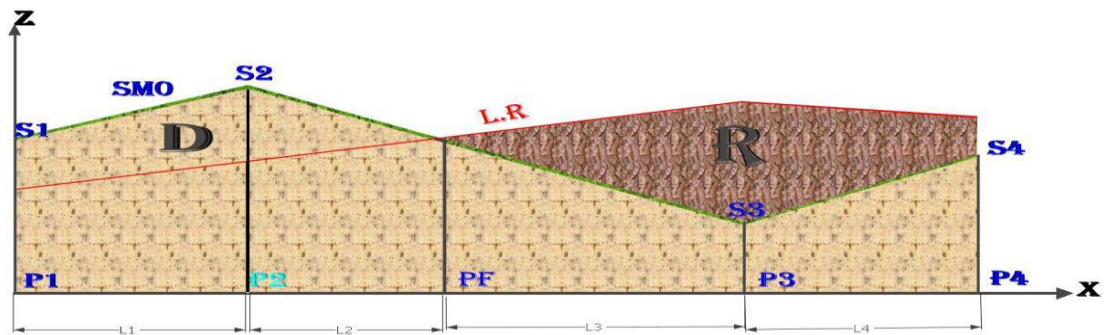


Fig.20 Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

5. EXEMPLE D'APPLICATION :

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

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

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

Donc :

- Entre P1 et P2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

- Entre P2 et PF : $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

- Entre PF et P3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

- Entre P3 et P4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

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

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

6. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel **Autopiste**, et les résultats complets de calcul sont joints en **annexe**.

Volume total de décapage = **119.591,00 m³**

Volume des déblais : $V_d =$ **146.197,00 m³**

Volume des remblais : $V_r =$ **98.692,80 m³**

Différence de volume : $V_d - V_r =$ **47.504,20 m³**

OUVRAGES D'ARTS

1. INTRODUCTION :

On appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont-canal.

Ce chapitre présentera les types d'ouvrage à concevoir pour franchir les obstacles existants (les routes, les pistes, les oueds)

2. PRESENTATION DE L'OUVRAGE :

Notre ouvrages est composée par :

- Pont.
- Passage supérieur au chemin agricole.
- Passage supérieur à la RN 04, et Chemin de fer, et auto-route Est-ouest.

❖ Situation Description desouvrages :

L'ouvrages est caractérisé par :

- * Deux Passages supérieur aux chemins communaux situés au (PK1+131 PK 4+187) et comportes les caractéristiques suivantes :
 - Gabarit S=5.25 m
 - Largeur de tablier est 10 m dont la largeur roulable est de 7 m.
- * Passage supérieur, le 1^{er} situé au PK 2+921 à la RN 04.
Comporte les caractéristiques suivantes :
 - Gabarit S =5.25 m
 - Largeur de tablier est de 12 m dont la largeur roulable est de 7 m.

3. CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage.

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- ❖ Le profil en long de la chaussée.
- ❖ La portée de l'ouvrage.
- ❖ La nature du sol.
- ❖ Position possible des appuis.
- ❖ Le gabarit à respecter.

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procède à une comparaison entre tous les types d'ouvrage (variantes) qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes.

Plusieurs solutions sont envisagées, alors on procédera par élimination des ouvrages qui ne répondent pas aux conditions imposées.

On a plusieurs propositions :

Variante1:

• **Pont à poutres en béton précontraint:**

Le tablier est formé de deux travées indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutres préfabriquées à talon, âme et semelle supérieure.

Le principe consiste à reprendre le poids propre de la poutre par une armature active qui est la précontrainte par prétention (PRAD) ou bien post-tension (VIPP). Signalons que la prétention s'adapte sur des portées allant jusqu'à 30 m et une gamme de portées comprises entre 30 à 50 m pour la post-tension.

• **Les avantages :**

- Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier à poste fixe est en général de meilleure qualité.
- La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage,
- La fabrication des poutres est indépendante du reste du chantier.
- Le coffrage des poutres est standard, l'utilisation se fait généralement plusieurs de fois.

• **Les inconvénients :**

- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La main d'œuvre doit être qualifiée.
- L'obligation d'attendre que la mise en tension soit faite pour pouvoir couler ou décoffrer.

Variante2:

• **Pont à tablier mixte :**

Dans les tabliers à poutres ou caissons métalliques, la dalle peut être constituée d'un hourdis (dalle) en béton armé ou précontraint

(exceptionnellement) connecté à la semelle de la poutre par des éléments de liaison appelés connecteurs, dont le rôle est de reprendre les efforts de cisaillement relatif du tablier par rapport aux poutres.

- **Les avantages :**

- La possibilité de franchir de grandes portées.
- La fabrication est industrielle se fait en usine.
- Le transport est plus sûr.
- La possibilité d'extension et de réparation des poutres.

- **Les inconvénients :**

- Risques de corrosion de l'acier surtout en présence d'un milieu agressif, et sensibilité au gradient thermique.
- Risque de voilement, déversement des poutres.
- Nécessite de visites périodiques et entretien courant.

Variante3:

Les ponts à poutre en béton armé :

Pour ce type, le tablier est constitué de poutres longitudinales, de longueur pouvant aller jusqu'à 20m. Dans notre cas, on a une portée de 40m donc on ne peut pas choisir ce type de pont en raison de la complication des coffrages.

Variante4:

Les ponts en dalles en béton armé :

Le pont en dalle est préférable pour les portées allant de 15 à 20m, on ne peut pas opter pour cette méthode pour les raisons suivantes :

- Elle consomme plus de béton et d'acier.
- Sa portée est limitée à 20m.

Variante5:

Les ponts en dalle en béton précontraint :

Ce type n'est pas applicable dans notre cas parce qu'il est préférable d'utiliser ce type pour une longueur de travée de 15 à 23m environ qui est la portée économique.

Par rapport aux ponts à poutres, les ponts dalles à travées indépendantes ne sont à envisager que dans le cas des ouvertures modérées et lorsqu'un grand élanement est indispensable.

4. CONCLUSION :

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, nous avons choisi de prendre la variante **pont à poutre en béton précontraint par post-tension VIPP**, pour tous les avantages économiques et la facilité de constructions et d'entretiens qu'elle offre.

CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

1. DEFINITION DE L'ECHANGEUR :

L'échangeur est un ouvrage permettant d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers 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 en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

On distingue :

- Les bifurcations ou nœuds qui assurent les liaisons entre voies de type "autoroute"
- Les diffuseurs qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.

Pour notre cas : l'échangeur relie l'autoroute à la **RN90A** Donc on a un **diffuseur**.

2. Avantage de l'échangeur :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assurer la continuité du réseau autoroutier.

3. Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pour quoi sont utilisés comme solution aux problèmes d'un carrefour justifiée.

4. Les différents types d'échangeurs :

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et de détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnant des formes plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect

coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considérer, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

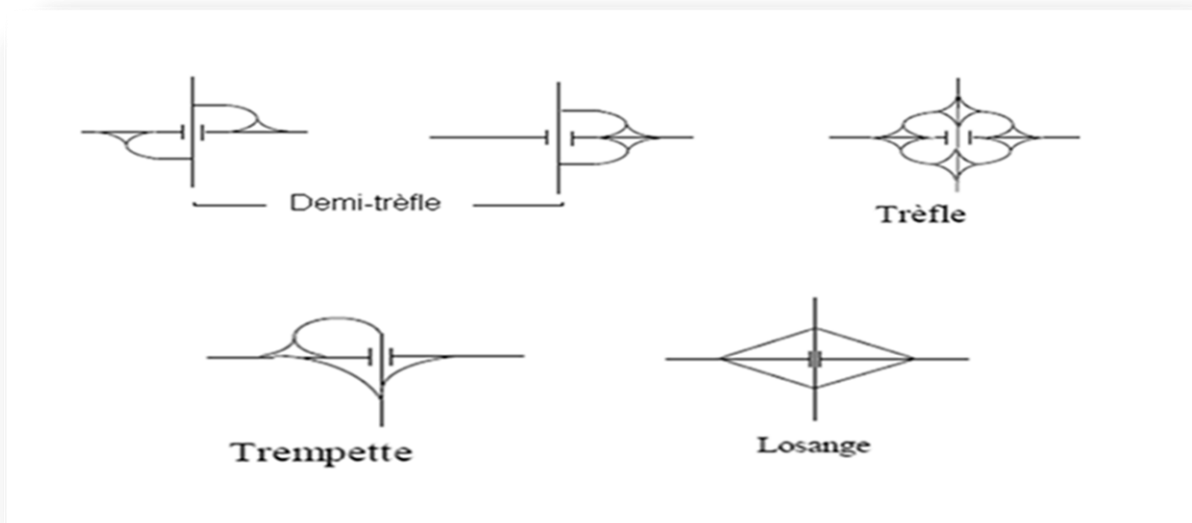
4.1 Echangeurs majeurs :

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

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

4.2 Echangeur mineur:

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



5. ELEMENTS DE L'ÉCHANGEUR :

Tout échangeur quel que soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- L'ouvrage d'art (pont)
- Les Carrefour (s) plan (s).
- Les bretelles.

6. CHOIX DU TYPE DE L'ÉCHANGEUR :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés« avantages, inconvénient... » Et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adaptée au cas qui se présente à nous.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre. Et pour ce but, on suit le chemin suivant :

Etape 1: détermination du tracé à partir de :

- Présentation du site d'implantation.
- Type de route et nombre de branches à raccorder.
- Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.

Etape 2: configuration du tracé à adopter.

L'échangeur à adopter doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garanti en respectant les règles de l'art de la conception qui se résument comme suit:

- Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, de déclivité, longueur d'alignements».
- Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

Etape 3: analyse

C'est cette dernière étape qui valide le choix du futur échangeur devant assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

7. VITESSE DE REFERENCE :

La vitesse de référence de notre projet est de **120** kilomètres par heure, pour cela nous recommandons une vitesse de référence de **50** kilomètres par heure pour les bretelles.

Une vitesse de conception élevée dans les bretelles augmente la fluidité de la circulation dans l'échangeur mais augmente aussi les coûts de construction et nécessite une superficie supérieure pour implanter l'échangeur (rayons plus longs). Par contre, les utilisateurs de l'autoroute qui circulent à des vitesses supérieures à 120Km/h peuvent trouver inconfortable une décélération prononcée jusqu'à une vitesse basse de 50km/h dans les bretelles.

8. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETelles :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à **1** voie (d'après l'ICTAAL 2000).

➤ **Tracé en plan d'une bretelle :**

Tableau°32 : Valeurs limites des rayons du tracé en plan

		1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	R _m (m)	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	R _{nd} (m)	300	
Rayon maximal dans la partie circulaire des boucles(m)		----	60
Dévers entre R_{nd} et R_m	d (m)	d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100	-----

– Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe. Préconisé

➤ **Enchaînement des éléments du tracé en plan :**

- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :
 $R_1 \leq 2R_2$, où R₁ et R₂ notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si R₁ > 1.5R_{nd} et si R₁ > R₂.
- Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à **3s** à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

	R₁ < R₂	R₁ > R₂
Courbes de même sens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AD 3s ▪ Ove L=7 (d2-d1) ▪ Courbe en C 	AD 3s $R_1 < 2R_2$
Courbe de sens contraire	Courbe en S	$R_1 < 2R_2$ Courbe en S

➤ **Raccordement progressif :**

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5R_{nd}$ (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est 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.

Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à R_{nd} (300m).

Pour les courbes à droite, c'est toujours $6R^{0,4}$ qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.

Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est $7|\Delta\delta|$ et au-delà c'est $6R^{0,4}$ qui est la plus grande.

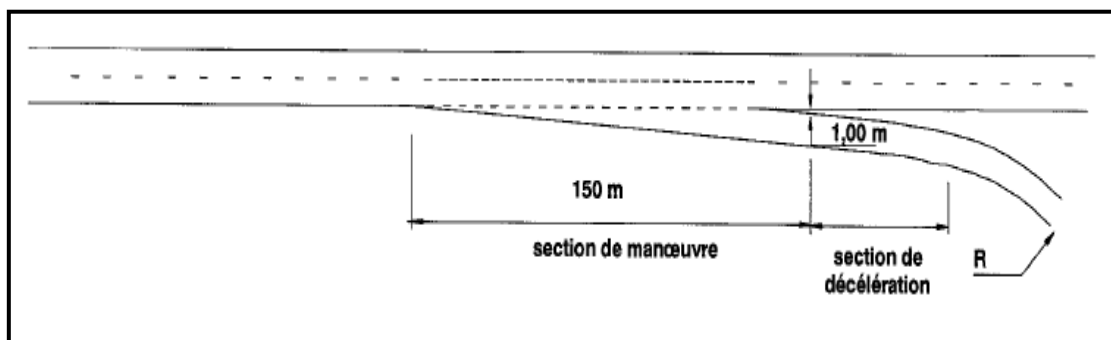
➤ **Zones de décélération et d'accélération :**

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 :

- 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 $1,5 \text{ m/s}^2$.

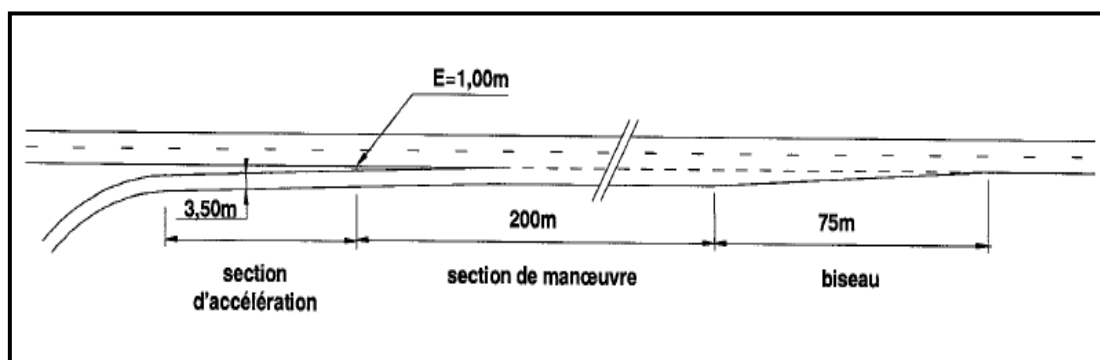


Dispositif de sortie sur l'autoroute

➤ **La zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", 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.



Dispositif d'entrée sur l'autoroute

➤ **Pente transversale 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.

Dévers de la chaussée :

Tableau n°33 : Dévers de la chaussée

	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	AD ou $R \geq 300$	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en 1/R entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	$R \leq 100$ m	7 %

9. APPLICATION AU PROJET :

- **Etape 1:** détermination du tracé à partir de :
 - **Terrain :**

Terrain plat.
 - **Types de routes à raccorder :**

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre La **RN90A** et la pénétrante autoroutière.

L'échangeur et de type : **Echangeur mineur.**
 - **Vitesse sur les bretelles :**

La vitesse de référence des véhicules d'une section de l'autoroute est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers.

Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale, permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, et par la même la sécurité et le confort de la conduite. D'après l'ICTAAL:

 - La vitesse sur la **RN90A** est 80Km/h.
 - La vitesse sur l'autoroute est 120Km/h
 - La vitesse sur l'échangeur est 40 à 60 Km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles $V_B = 50$ Km/h.
 - **Distribution du trafic :**

Le croisement est de deux (2) branches.

L'échangeur distribue le trafic dans quatre (4) directions.
 - **Etape 2:** Configuration du tracé à adopter
 - **Tracé :**

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 50 Km/h.

 $R_{nd} = 300$ m
 $R_{min} = 40$ m
 - **Voie de décélération :**

Longueur de la voie de décélération est de :
150 m sur l'autoroute et 110m sur la **RN90A.**
 - **Voie d'accélération :**

Longueur de la voie d'accélération est de :
275 m sur l'autoroute et 180m sur la **RN90.**

- **Etape 3:Analyse :**
Pour notre projet on va choisir trois conceptions de cet échangeur de type :

Echangeur Trempette
RN90A

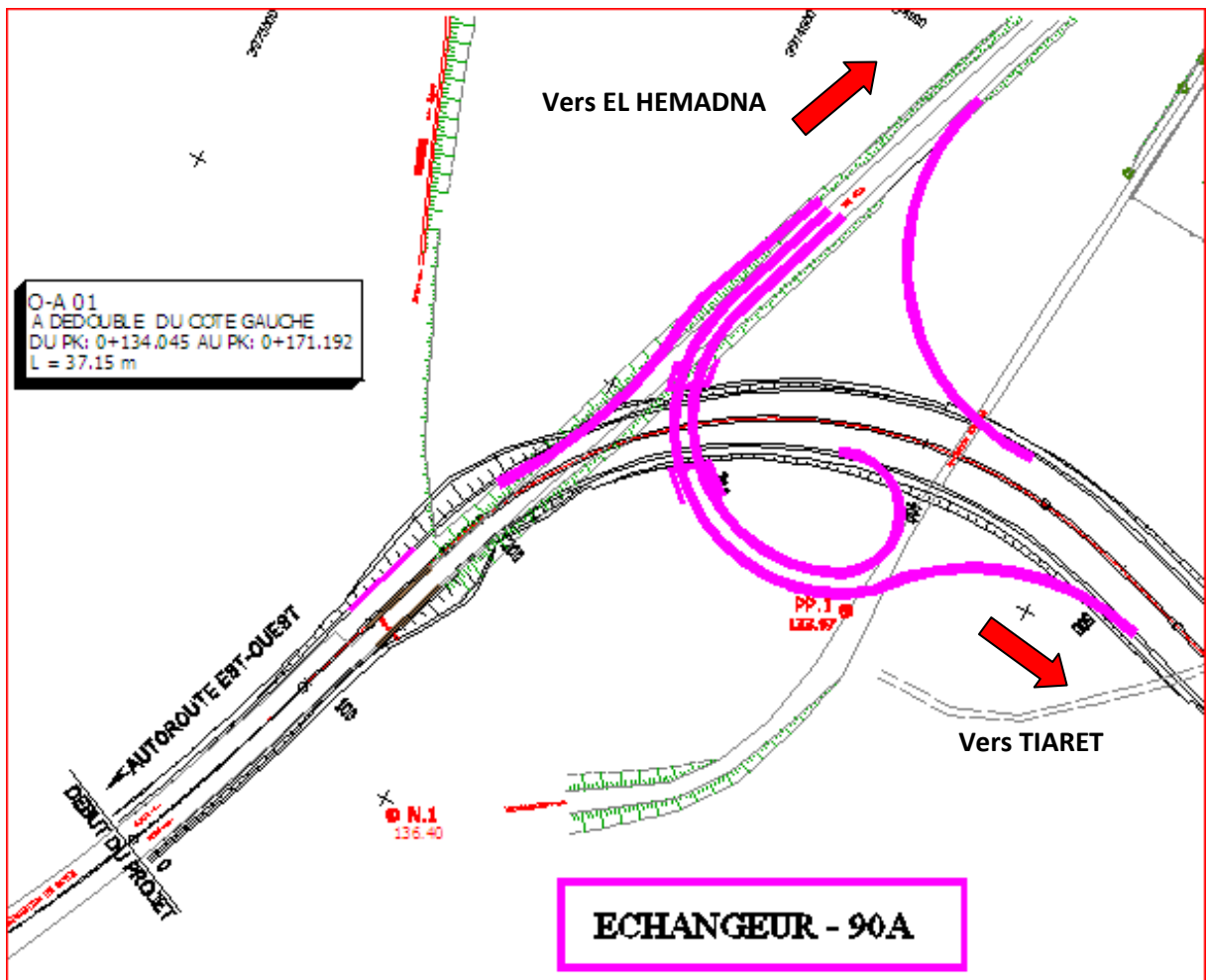


Figure n°21.Echangeur

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

1. INTRODUCTION : L'implantation d'un réseau routier est capitale au développement économique et social d'un pays, elle répond à des impératifs socio économiques, de rapidité et sécurité d'une circulation routière qui constituent des avantages recherchés. Le réseau routier doit tenir compte également de sa densité optimale et de son impact sur l'environnement. Au-delà d'un certain seuil des dangers prendront le pas sur les avantages acquis et l'investissement consenti pourra être remis en cause.

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 1935, stipulant 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.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

3. OBJET DE L'ETUDE: L'étude d'impact est indispensable pour avaler les avantages et les inconvénients résultant de chacun des traces possibles d'un aménagement routier surtout lorsque ces inconvénients sont difficilement quantifiables monétairement.

Dans l'étude d'impact apporte des élément de comparaison supplémentaire pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagé au niveau de l'étude préliminaire et a pour objectif d'analyser des dégradations traversé par le nouvel aménagement et de déterminer ses impact afin de prendre les mesures de nature

remédier contre ces aspects négatifs sur l'homme, l'environnement, la richesse naturelle et agricole et leur incidence socio-économique.

4. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : La protection de l'environnement s'organise en général autour de 3 grands axes: protection de la faune et de la flore, protection de l'eau.

La faune et la flore: La faune et la flore sont variées, mais, l'accélération du développement socio-économique a engendré la précarisation des milieux et habitats naturels.

En vue de protéger les différentes espèces. L'étude du tracé doit prendre ainsi en compte cet état des lieux de façon à limiter son impact. Des nombreux aménagements devront être réalisés tout le long de l'autoroute pour faciliter l'insertion de l'ouvrage dans les milieux traversés et perturber le moins possible la vie des animaux.

La protection de l'eau : Elle s'articule autour de 2 actions : l'écoulement de l'eau et sa protection.

L'autoroute ne doit pas perturber l'écoulement des ruisseaux tout en permettant d'épancher des crues potentielles. Ainsi, pour chaque cours d'eau, grands ou petits, un Ouvrage de franchissement est construit.

Protection contre le bruit : Plusieurs options sont possibles pour respecter les niveaux sonores (60 décibels la journée et 55 la nuit). Premièrement, l'étude du tracé lui-même prend en compte la distance des habitations. Si le tracé est malheureusement proche de zones sensibles, une protection acoustique s'impose. La série de dispositifs commence par la mise en place de merlons de terre en remblai puis de murs acoustiques si cette première protection n'est pas suffisante. Il faut envisager une isolation acoustique du bâtiment lui-même. Dans les cas extrêmes, c'est l'indemnisation des propriétaires.

5. APPLICATION AU PROJET : La protection de l'environnement est l'une des préoccupations majeures des responsables de la commune H'MADNA.

Dans cette perspective, elle accorde un grand intérêt à la nature ; des projets industriels qui seront réalisés dans le cadre de l'investissement.

Bilan Écologique : Nature de côte : limon.

Site verger : olive et orange au BRAIDJIA.

Pressions :

Les activités agricoles : la zonesoi poinçon agricole.

Nombres et noms des CHAABATS : 03 U

Les solutions proposées :

1. Traitement paysage : Pour lutter contre la pollution de l'aire on doit :

Engazonner les talus des bretelles.

2. La sécurité : Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

-Pour les sorties d'engins des chantiers, des carriers et des usines, des panneaux de signalisation seront implantés.

On peut minimiser les gênes de la circulation et limiter les dépenses si on respecte les critères suivants :

1. La programmation : C'est de bien organiser les phases de travaux pour éviter au maximum les temps perdus et improvisation.

2. La rapidité : La longue durée de réalisation d'un projet en site ou la circulation est importante comme le cas de notre projet. D'où la nécessité de la réduction du temps de congestion supplémentaire provoquée par les travaux.

3. Minimiser l'emprise : Cela afin d'éviter la gêne de la circulation au cours de la réalisation.

SIGNALISATION

1. INTRODUCTION :

Le développement de la circulation routière impose à l'ingénieur de réaliser une signalisation impeccable, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés. Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement que la signalisation ferroviaire.

Ce chapitre traite des installations reliées à la sécurité du trafic, aux opérations autoroutières et aux informations pour les usagers.

Le rapport est divisé selon les types d'installations et équipements prévus pour le tronçon à l'étude comme suit :

- Signalisation horizontale et verticale.
- Interruption du terre-plein central pour les passages de service d'urgence.
- Dispositifs de retenue.
- Clôtures.
- Eclairage.

2. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE :

La signalisation prévue dans ce projet est basée sur les normes françaises retenues par « l'Arrêté et l'Instruction interministériels sur la signalisation routière » ainsi que sur les pratiques algériennes.

2.1 Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de compléter la signalisation verticale.

a. Catégories de marques de chaussée

a.1 Lignes longitudinales :

- Continues, de largeur variable.
- Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité " u " :

u = 7,5 cm sur les autoroutes. (Source S -H partie 1-7)

Tableau n°34: Les caractéristiques 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

a.2 Lignes transversales :

- Ligne "Stop", largeur de 50 cm.
- Ligne "Cédez le Passage", largeur de Type 2.

a.3 Les flèches :

- Flèches de rabattement.
- Flèches de sélection unidirectionnelle.
- Flèches de sélection bidirectionnelle.

a.4 Autres marques :

- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

b. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour la BDU et le marquage temporaire, et le blanc pour d'autres marquages.

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

2.2 Signalisation verticale :

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

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

a. Signalisation de danger, de prescription et d'indication :

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour réglementer, en conditions de sécurité, la circulation autant sur la section de type autoroutier, que sur le réseau routier existant.

Les éléments à signaler aux usagers sont principalement : la vitesse légale de circulation, le régime de priorité, les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière), le péage, les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, etc.)

b. Signalisation de direction :

La signalisation de direction tient compte des destinations importantes pour le tronçon à l'étude. Généralement on retrouve 3 types de destination à indiquer sur les panneaux de direction, comme suit :

- ❖ la capitale, Alger dans la direction est, et la ville de Tlemcen (ou la limite de l'autoroute est ouest) dans la direction ouest.
- ❖ les villes importantes qui se situent sur l'axe de l'autoroute (sans avoir nécessairement un lien direct autoroutier) : il s'agit d'Oran, Mascara.
- ❖ les premières villes ou villages en lien direct, via les échangeurs Sig.

Le texte figurant sur les panneaux doit être en écriture double, avec des caractères arabe et latin, dont l'arabe en premier et latin en deuxième.

Sur l'autoroute, les panneaux sont installés en latéral (pré-signalisation de sortie et confirmation de direction) et sur portiques (signalisation pour les sorties d'autoroute).

3. INTERRUPTION DU TERRE-PLEIN CENTRAL (TPC) :

L'interruption du terre-plein central permet de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre.

Les interruptions du TPC sont implantées à environ chaque 2 kilomètres sur tout le tracé, avec une ouverture linéaire de 30 mètres protégée durant les opérations normales avec un dispositif de retenue latéral amovible.

L'utilisation de ces interruptions du TPC est sous la responsabilité de l'administrateur de l'autoroute, qui s'assure que seulement le personnel autorisé puisse enlever le dispositif de retenue amovible pour permettre de basculer la circulation en toute sécurité.

4. DISPOSITIFS DE RETENUE :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées.

L'emploi des dispositifs de retenue est étroitement lié avec la notion de zone de sécurité (ICTAAL 2000), qui est définie sur les côtés des chaussées, avec une largeur min de 8,5m, sinon tout obstacle (naturel ou artificiel) doit être isolé ou exclu, y compris les installations autoroutières.

Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

a. Glissières de sécurité métalliques fixes :

La glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles.

b. Glissières de sécurité métalliques amovibles :

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

c. Séparateurs en Béton :

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

5. CLÔTURES :

Les clôtures sont des aménagements spécifiques pour assurer la sécurité des usagers et, le cas échéant, pour assurer le respect de péage. Ainsi l'autoroute doit être clôturée sur toute sa longueur, des deux côtés.

La clôture est installée à l'intérieur de l'emprise de l'autoroute, en assurant une bande de 4 mètres de largeur de cette emprise pour un accès d'entretien et comme piste latérale pour les propriétés avoisinantes.

La clôture est raccordée aux remblais d'accès des passages supérieurs et aux murs de tête des passages inférieurs et des dalots. Des ouvertures dans ces clôtures sont prévues pour entretien des ouvrages courants et d'art au besoin.

Le type de clôture est en maille ou en fils barbelés avec poteaux métalliques de 60 millimètres de diamètre, installés aux 3,0 mètres.

6. APPLICATION AU PROJET :

6.1 Signalisation horizontale :

a. Le marquage du tracé

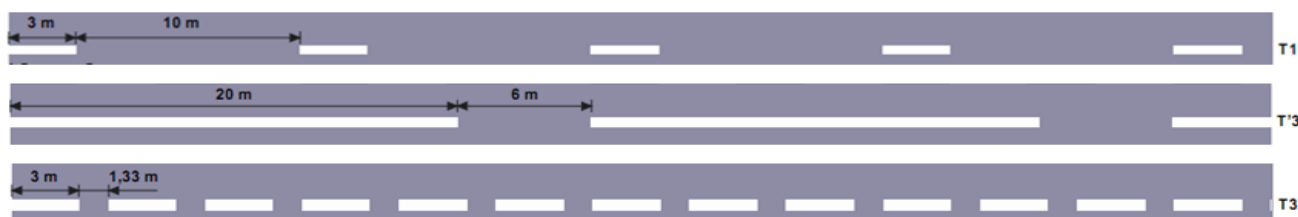


Figure. n° 22 Les lignes longitudinales (source S-H partie 1-7)

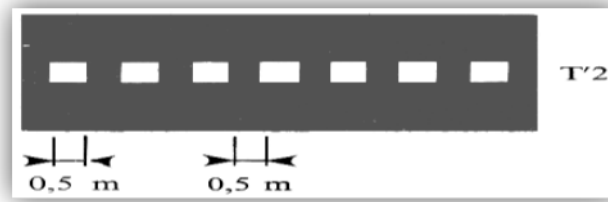


Figure. n° 23 Lignes transversales (source S -H partie 1-7)

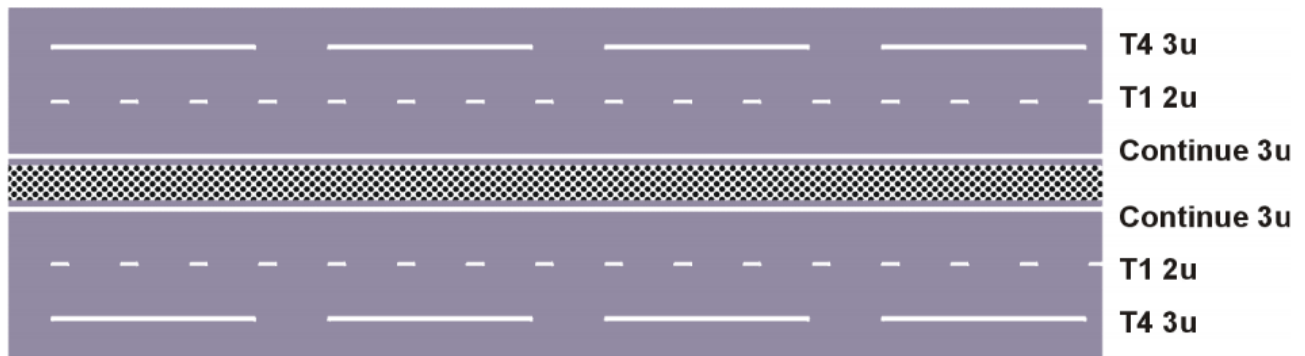


Figure. n° 24 Les lignes de délimitation de voies dans le tracé (source S -H partie 1-7)

b. Voies d'insertion, de décélération

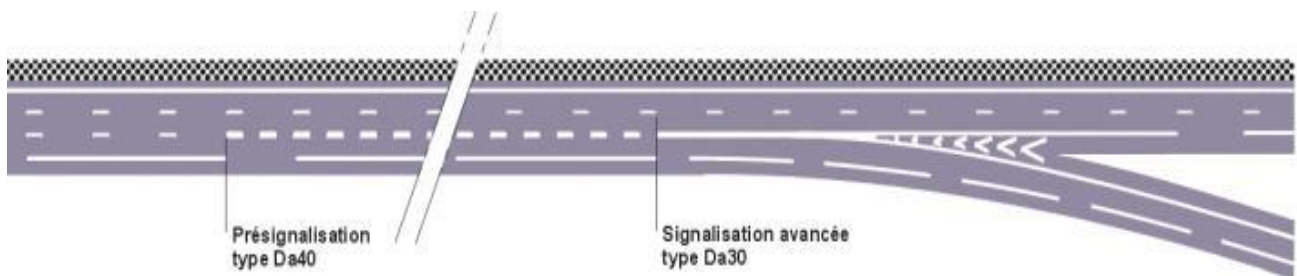


Figure. n° 25 Avec affectation de voies

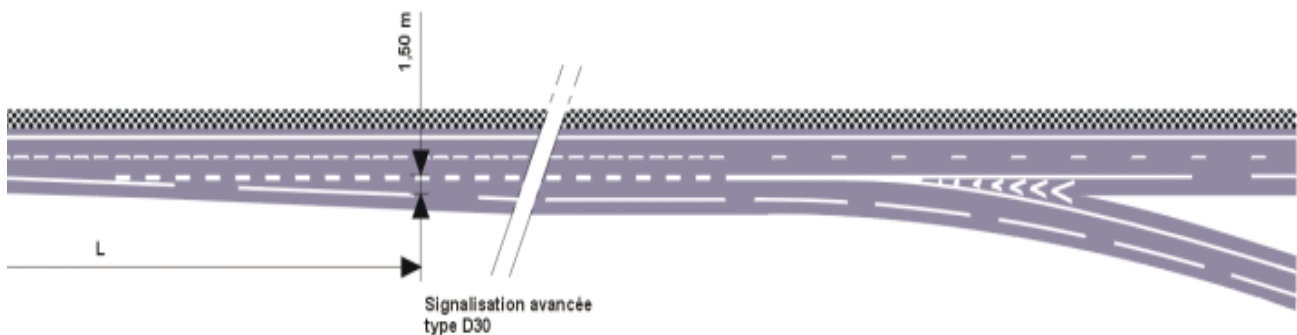


Figure. n° 26 Sans affectation de voies

c. Voies d'accélération

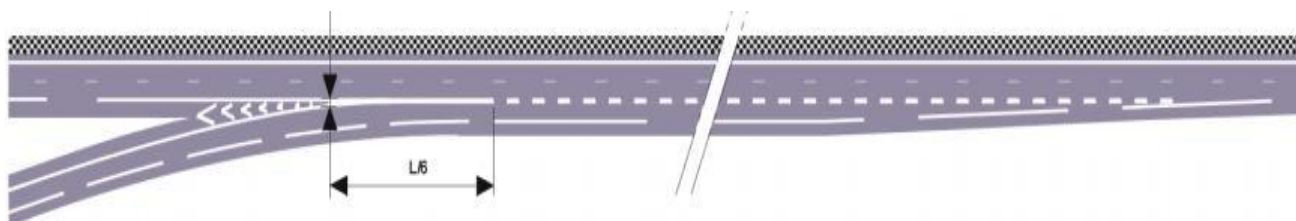


Figure. n° 27 Même nombre de voies (source S -H partie 1-7)

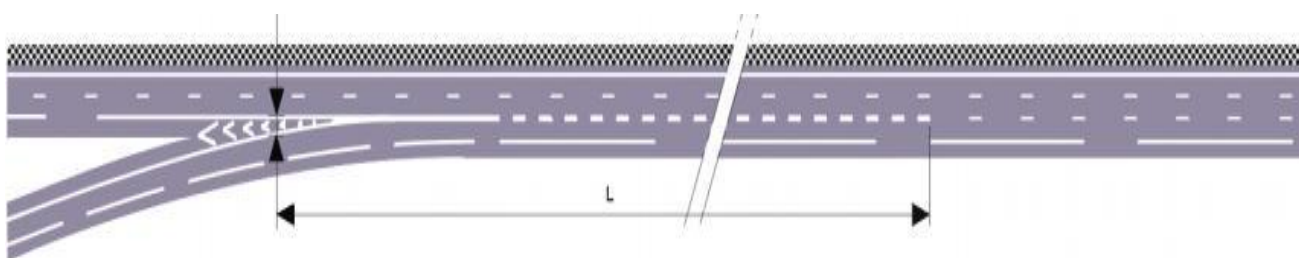


Figure. n° 28 Nombre de voies inférieur (source S -H partie 1-7)

d. Autres marques :

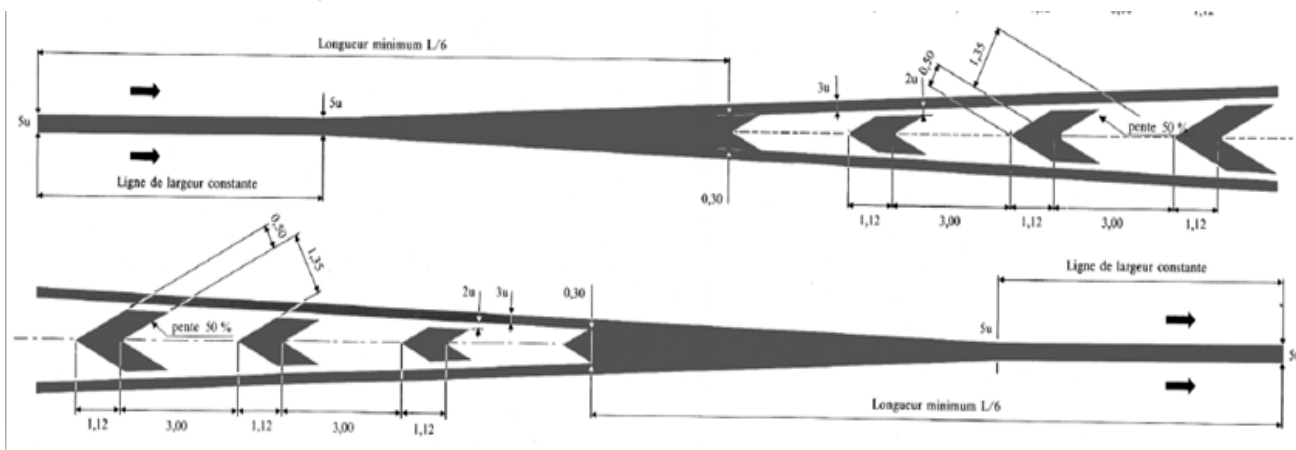


Figure. n° 29 :Schéma de marquage avec hachures

6.2 Signalisation verticale :



C207
Début d'une section
d'autoroute.



C208
Fin d'une section d'autoroute.



J14a
Balises de musoir, signalant la
divergence des voies



J4
Balisage de virages



AB3a
Cédez le passage à
l'intersection. Signal de
position



B2a
Interdiction de tourner à
gauche à la prochaine
intersection



(120 sur l'autoroute, 50 à l'entrée d'une bretelle, 60 sur l'ouvrage et 40 dans la boucle)

6.3 Signalisation de direction :

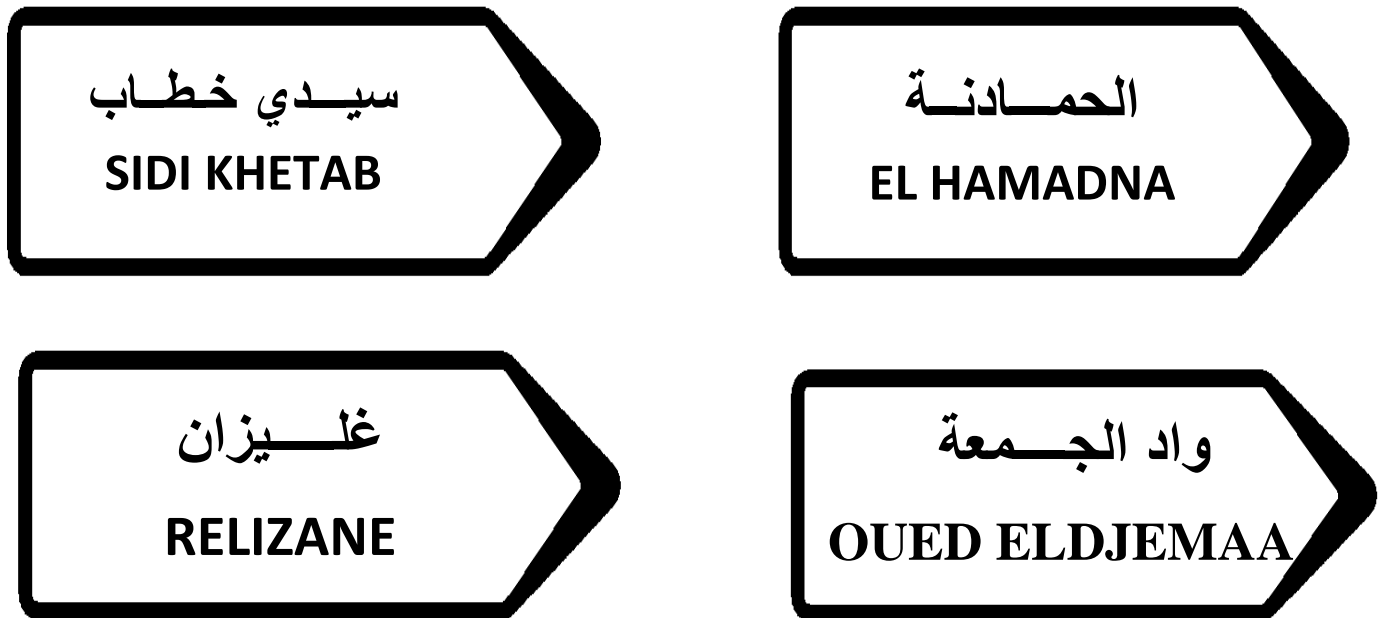


Figure. n° 30 Signalisation de direction

6.4 Plaque de signalisation à l'entrée de l'échangeur :

	A droite	A gauche
Avertissement D50		
Pré-signalisation D40		
Signalisation avancée D30		

Figure.n°31 : Plaque de signalisation à l'entrée de l'échangeur

7.Éclairage :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est -à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles 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.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

- ❖ **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- ❖ **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- ❖ **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- ❖ **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, échangeur, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

Éclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- ❖ A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- ❖ A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- ❖ A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- ❖ A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

Paramètre de l'implantation des luminaires :

L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.

- ❖ La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- ❖ La largeur (l) de la chaussée.
- ❖ La 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.

PROJET: Etude de la pénétrante de relizane sur 70 kms

LOT N° 01: PK0+000 au PK06+000

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

ART.	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant
1	INSTALLATION DE CHANTIER				
1.1	Installation et repliement de chantier	F	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00
1.2	Etudes d'exécution	F	1,00	1 500 000,00	1 500 000,00
SOUS TOTAL (INSTALLATION DE CHANTIER) EN HT					2 500 000,00
2	PREPARATION DU TERRAIN				
2.1	Abattage, arrachage et dessouchage des arbres singuliers de diamètre ≥30 cm	U	150,00	850,00	127 500,00
SOUS TOTAL (PREPARATION DU TERRAIN) EN HT					127 500,00
3	TERRASSEMENT				
3.1	Terre végétale				
3.1.1	Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 30 cm minimum y compris évacué à la D P.	m ²	240 000,00	50,00	12 000 000,00
3.2	Autres matériaux				
3.2.1	Déblai	m ³	146 197,00	500,00	73 098 500,00
3.2.2	Déblai mise en remblai	m ³	98 692,80	600,00	59 215 680,00
3.2.3	Déblai évacué	m ³	47 504,20	300,00	14 251 260,00
SOUS TOTAL (TERRASSEMENT) EN HT					158 565 440,00
4	ASSAINISSEMENT				
4.1	Ouvrages Courants. Dalots et Buses				
4.1.1	Fourniture et pose d'Ouvrages Busés en Béton Armé				
	1- Ø 800	ml	35,00	25 000,00	875 000,00
	2- Ø 1000	ml	35,00	30 000,00	1 050 000,00
	3- Ø 1200	ml	35,00	35 000,00	1 225 000,00
	y compris la construction des têtes d'ouvrages				
4.2	Assainissement Longitudinal				
4.2.1	Descente d'eau	ml	250,00	1 500,00	375 000,00
4.2.2	Fossé trapézoïdal revêtu type A1	ml	8 400,00	3 500,00	29 400 000,00
SOUS TOTAL (ASSAINISSEMENT) EN HT					32 550 000,00
5	CHAUSSÉE				
5.1	Corps de chaussée				
5.1.2	Couche de fondation en grave concassé (GNT 0/31,5) ep=25cm	m ³	42 000,00	1 400,00	58 800 000,00
5.1.3	Couche d'imprégnation (1,0 kg/m ²)	m ²	168 000,00	150,00	25 200 000,00
5.1.4	Couche d'accrochage (0,3 kg/m ²)	m ²	168 000,00	100,00	16 800 000,00
5.1.5	Couche de base en grave bitume (GB) ép= 15 cm	t	59 220,00	8 000,00	473 760 000,00

5.1.6	Couche de roulement en béton bitumineux (BB) ep=7 cm	t	27 636,00	8 500,00	234 906 000,00
5.2	Accessoires				
5.2.1	Construction des glissières en béton	ml	22 000,00	5 000,00	110 000 000,00
SOUS TOTAL (CHAUSSEE) EN HT					919 466 000,00
6	Marquage de la chaussée				
6.1	Marquages en lignes continues				
6.1.1	Module largeur 22,5 cm	ml	12 000,00	70,00	840 000,00
6.2	Marquage en lignes discontinues				
6.2.1	Module 3-3.50, largeur 37,5 cm	ml	900,00	100,00	90 000,00
6.2.2	Module 3-10, largeur 15 cm	ml	24 000,00	50,00	1 200 000,00
6.3	Panneau	U	62,00	20 000,00	1 240 000,00
SOUS TOTAL (Marquage sur chaussée en enduit à chaud + panneau) EN HT					3 370 000,00
Montant HT (DA)					1 116 578 940,00
TVA 19%					212 149 998,60
Montant TTC (DA)					1 328 728 938,60

Arrête le montant du présent devis en TTC a la somme de :

UN MILLIARD TROIS CENT VINGT HUIT MILLION SEPT CENT VINGT HUIT MILLE NEUF CENT
TRENTE HUIT DINARS ALGERIENNE ET SOIXANTE CENTIMES

Conclusion générale

Ce présent travail était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes. C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes routiers et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine des routes en particulier et des travaux publics en général.

Dans notre projet nous avons essayé d'opter pour un tracé en plan judicieux avec une ligne rouge qui respecte l'économie, la sécurité et le confort des usagers de la route tout en respectant les normes imposées par l'ICTAAL 2000.

Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner la majorité des problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers. Ça été une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTO CAD et COVADIS.

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ **ICTAAL** instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. « 1971-1985-2000 ».
- ❖ **ICTAAL 2000** guide échangeur.
- ❖ **B40** Normes techniques d'aménagement des routes.
- ❖ catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTTP ».
- ❖ catalogue-de-dimensionnement-des-chaussées-neuves-fascicule3.
- ❖ Les cours de routes « 3ème année licence et 1ère année master » de l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- ❖ Site Internet « WWW.WIKIPEDEA.COM».
- ❖ Logiciels: Covadis, AutoCAD 2009.
- ❖ Sites INTERNET: [WWW. Google Earth.Com](http://WWW.GoogleEarth.Com).
- ❖ Guide signalisations routière.

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0,000	293533,474	3974885,463
CC	XC=293877,876 YC=3975716,960 R =900,000	96,600			
			96,600	293624,532	3974853,353
CC1	XC=293117,844 YC=3973126,139 R=-1800,000	39,017			
			135,617	293661,849	3974841,965
D1	GIS=119,546g	45,859			
			181,476	293705,564	3974828,105
CC2	XC=293645,119 YC=3974637,458 R=-200,000	275,569			
			457,045	293843,819	3974614,693
L01	Rd=-200,000 A=124,007 L= 76,889				
			533,933	293825,405	3974540,171
	A=124,007 Rf=300,000 L= 51,259	128,148			
			585,193	293811,351	3974490,894
CC4	XC=294104,064 YC=3974425,172 R =300,000	227,307			
			812,499	293846,263	3974271,749
L1	Rd=300,000 A=159,577	84,883			
			897,382	293896,306	3974203,279
D02	GIS=156,818g	1477,815			
			2375,198	294823,589	3973052,591
C01	XC=298716,798 YC=3976189,934 R =5000,000	495,917			
			2871,115	295153,385	3972682,501
D03	GIS=150,504g	561,444			
			3432,559	295547,231	3972282,369
C02	XC=291983,818 YC=3968774,936 R=-5000,000	855,445			
			4288,003	296092,364	3971624,470
D04	GIS=161,396g	1613,007			
			5901,011	297011,628	3970299,047
L02	A=350,000 Rf=-700,000 L= 175,000				
			6076,011	297105,222	3970151,322

LONGUEUR DEL'AXE 6000.00 mètre

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DESELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0,000	135,019
PR01	S=8,1488 Z=135,0096 R =3378,27	122,529	122,529	136,946
PR02	S=152,1475 Z=137,4473 R=-874,79	98,870		
			221,399	134,706
PR03	S=308,4957 Z=131,2587 R =1100,20	105,293		
			326,693	131,409
D02	PENTE=1,654 %	275,568		
			602,261	135,967
PR04	S=271,4669 Z=133,2314 R =20000,00	145,478		
			747,739	138,902
D01	PENTE=2,381 %	177,663		
			925,402	143,133
PR05	S=1092,0974 Z=145,1179 R=-7000,00	115,227		
			1040,629	144,929
D03	PENTE=0,735 %	636,622		
			1677,252	149,609
PR06	S=1687,5453 Z=149,6473 R=-1400,00	67,946		
			1745,198	148,460
PR07	S=1951,1013 Z=144,2206 R =5000,00	313,416		
			2058,614	145,377
D05	PENTE=2,150 %	390,275		
			2448,889	153,768
PR08	S=2663,9151 Z=156,0803 R=-10000,00	152,281		
			2601,171	155,883
D06	PENTE=0,627 %	1634,833		
			4236,003	166,141
PR09	S=4047,7694 Z=165,5506 R =30000,00	1005,931		
			5241,934	189,318
D07	PENTE=3,981 %	305,812		
			5547,746	201,491

LONGUEUR DEL'AXE 6000.00 mètre

TABULATION

N°PRO F	ABSCISSE CURV ILIGN	COTET N	COTEPROJ ET	XPROFIL	YPROFIL	ANGLEPR OFIL	DEVG AU	DEVD RO
1	0,000	135,019	135,019	293533,474	3974885,463	224,999g	4,00	4,00
2	25,000	135,052	135,052	293556,701	3974876,218	223,231g	4,00	4,00
3	50,000	135,163	135,269	293580,176	3974867,622	221,462g	4,00	4,00
4	75,000	135,458	135,671	293603,880	3974859,681	219,694g	4,00	4,00
5	100,000	135,893	136,258	293627,794	3974852,393	218,286g	-2,50	-2,50
6	125,000	136,725	137,026	293651,719	3974845,144	219,170g	-2,50	-2,50
7	150,000	136,914	137,445	293675,560	3974837,618	219,546g	2,50	-2,50
8	175,000	136,417	137,149	293699,391	3974830,062	219,546g	2,50	-2,50
9	200,000	135,478	136,138	293722,937	3974821,697	225,442g	-7,00	-7,00
10	225,000	135,009	134,427	293745,300	3974810,558	233,400g	-7,00	-7,00
11	250,000	134,370	132,814	293766,100	3974796,717	241,358g	-7,00	-7,00
12	275,000	131,769	131,769	293785,011	3974780,391	249,316g	-7,00	-7,00
13	300,000	131,113	131,292	293801,740	3974761,835	257,273g	-7,00	-7,00
14	325,000	131,381	131,383	293816,025	3974741,338	265,231g	-7,00	-7,00
15	350,000	132,232	131,795	293827,643	3974719,220	273,189g	-7,00	-7,00
16	375,000	132,977	132,208	293836,412	3974695,826	281,146g	-7,00	-7,00
17	400,000	133,520	132,622	293842,197	3974671,521	289,104g	-7,00	-7,00
18	414,188	134,037	132,856	293844,115	3974657,466	293,620g	-7,00	-7,00
19	425,000	134,164	133,035	293844,906	3974646,684	297,062g	-7,00	-7,00
20	450,000	134,472	133,449	293844,497	3974621,704	305,020g	-7,00	-7,00
21	475,000	134,868	133,862	293841,039	3974596,958	312,310g	-4,78	-4,78
22	500,000	135,293	134,276	293835,232	3974572,648	317,116g	-1,69	-2,50
23	525,000	135,778	134,689	293828,091	3974548,691	319,334g	1,40	-2,50
24	550,000	136,010	135,103	293820,603	3974524,839	318,965g	2,50	0,48
25	575,000	135,926	135,516	293813,742	3974500,801	316,008g	5,11	5,11
26	600,000	136,015	135,930	293808,465	3974476,372	310,918g	7,00	7,00
27	625,000	136,377	136,356	293805,229	3974451,589	305,613g	7,00	7,00
28	650,000	136,749	136,814	293804,068	3974426,623	300,308g	7,00	7,00
29	675,000	137,170	137,302	293804,988	3974401,648	295,003g	7,00	7,00
30	700,000	137,706	137,822	293807,984	3974376,835	289,698g	7,00	7,00
31	725,000	138,236	138,374	293813,035	3974352,358	284,392g	7,00	7,00
32	750,000	138,869	138,956	293820,105	3974328,386	279,087g	7,00	7,00
33	775,000	139,368	139,551	293829,147	3974305,086	273,782g	7,00	7,00
34	800,000	139,996	140,147	293840,097	3974282,620	268,477g	7,00	7,00
35	825,000	140,560	140,742	293852,867	3974261,136	263,367g	5,60	5,60
36	850,000	141,260	141,337	293867,123	3974240,603	259,625g	2,80	2,80

37	875,000	141,794	141,933	293882,319	3974220,753	257,444g	2,50	0,01
38	900,000	142,452	142,528	293897,948	3974201,241	256,818g	2,50	-2,50
39	925,000	143,123	143,124	293913,635	3974181,775	256,818g	2,50	-2,50
40	950,000	143,699	143,676	293929,322	3974162,309	256,818g	2,50	-2,50
41	975,000	144,157	144,138	293945,009	3974142,843	256,818g	2,50	-2,50
42	1000,000	144,515	144,512	293960,695	3974123,377	256,818g	2,50	-2,50
43	1025,000	144,745	144,796	293976,382	3974103,911	256,818g	2,50	-2,50
44	1050,000	144,941	144,998	293992,069	3974084,445	256,818g	2,50	-2,50
45	1075,000	145,198	145,181	294007,755	3974064,979	256,818g	2,50	-2,50
46	1100,000	145,365	145,365	294023,442	3974045,513	256,818g	2,50	-2,50
47	1125,000	145,452	145,549	294039,129	3974026,047	256,818g	2,50	-2,50
48	1150,000	145,592	145,733	294054,816	3974006,581	256,818g	2,50	-2,50
49	1175,000	145,666	145,917	294070,502	3973987,115	256,818g	2,50	-2,50
50	1200,000	145,790	146,100	294086,189	3973967,649	256,818g	2,50	-2,50
51	1225,000	145,941	146,284	294101,876	3973948,183	256,818g	2,50	-2,50
52	1250,000	146,050	146,468	294117,562	3973928,716	256,818g	2,50	-2,50
53	1275,000	146,213	146,652	294133,249	3973909,250	256,818g	2,50	-2,50
54	1300,000	146,438	146,836	294148,936	3973889,784	256,818g	2,50	-2,50
55	1325,000	146,493	147,020	294164,623	3973870,318	256,818g	2,50	-2,50
56	1350,000	146,555	147,203	294180,309	3973850,852	256,818g	2,50	-2,50
57	1375,000	146,635	147,387	294195,996	3973831,386	256,818g	2,50	-2,50
58	1400,000	146,725	147,571	294211,683	3973811,920	256,818g	2,50	-2,50
59	1425,000	146,871	147,755	294227,369	3973792,454	256,818g	2,50	-2,50
60	1450,000	147,179	147,939	294243,056	3973772,988	256,818g	2,50	-2,50
61	1475,000	147,527	148,122	294258,743	3973753,522	256,818g	2,50	-2,50
62	1500,000	147,862	148,306	294274,430	3973734,056	256,818g	2,50	-2,50
63	1525,000	148,155	148,490	294290,116	3973714,590	256,818g	2,50	-2,50
64	1550,000	148,455	148,674	294305,803	3973695,124	256,818g	2,50	-2,50
65	1575,000	148,757	148,858	294321,490	3973675,658	256,818g	2,50	-2,50
66	1600,000	148,999	149,041	294337,176	3973656,192	256,818g	2,50	-2,50
67	1625,000	149,225	149,225	294352,863	3973636,726	256,818g	2,50	-2,50
68	1650,000	149,400	149,409	294368,550	3973617,260	256,818g	2,50	-2,50
69	1675,000	149,655	149,593	294384,237	3973597,794	256,818g	2,50	-2,50
70	1700,000	149,590	149,592	294399,923	3973578,328	256,818g	2,50	-2,50
71	1725,000	149,168	149,146	294415,610	3973558,862	256,818g	2,50	-2,50
72	1750,000	148,008	148,265	294431,297	3973539,396	256,818g	2,50	-2,50
73	1775,000	146,950	147,322	294446,984	3973519,930	256,818g	2,50	-2,50
74	1800,000	146,035	146,504	294462,670	3973500,464	256,818g	2,50	-2,50
75	1825,000	145,302	145,811	294478,357	3973480,997	256,818g	2,50	-2,50
76	1850,000	144,531	145,243	294494,044	3973461,531	256,818g	2,50	-2,50
77	1875,000	143,610	144,800	294509,730	3973442,065	256,818g	2,50	-2,50
78	1900,000	142,797	144,482	294525,417	3973422,599	256,818g	2,50	-2,50
79	1925,000	142,218	144,289	294541,104	3973403,133	256,818g	2,50	-2,50
80	1939,457	141,705	144,234	294550,175	3973391,876	256,818g	2,50	-2,50
81	1950,000	142,126	144,221	294556,791	3973383,667	256,818g	2,50	-2,50
82	1975,000	142,585	144,278	294572,477	3973364,201	256,818g	2,50	-2,50
83	2000,000	143,322	144,460	294588,164	3973344,735	256,818g	2,50	-2,50
84	2025,000	144,287	144,767	294603,851	3973325,269	256,818g	2,50	-2,50
85	2050,000	145,191	145,199	294619,537	3973305,803	256,818g	2,50	-2,50
86	2075,000	145,761	145,729	294635,224	3973286,337	256,818g	2,50	-2,50

87	2100,000	146,294	146,266	294650,911	3973266,871	256,818g	2,50	-2,50
88	2125,000	146,832	146,804	294666,598	3973247,405	256,818g	2,50	-2,50
89	2150,000	147,209	147,342	294682,284	3973227,939	256,818g	2,50	-2,50
90	2175,000	147,733	147,879	294697,971	3973208,473	256,818g	2,50	-2,50
91	2200,000	147,999	148,417	294713,658	3973189,007	256,818g	2,50	-2,50
92	2225,000	148,354	148,954	294729,344	3973169,541	256,818g	2,50	-2,50
93	2250,000	148,412	149,492	294745,031	3973150,075	256,818g	2,50	-2,50
94	2275,000	148,710	150,029	294760,718	3973130,609	256,818g	2,50	-2,50
95	2300,000	149,666	150,567	294776,405	3973111,143	256,818g	2,50	-2,50
96	2325,000	150,489	151,105	294792,091	3973091,677	256,818g	2,50	-2,50
97	2350,000	151,228	151,642	294807,778	3973072,211	256,818g	2,50	-2,50
98	2375,000	151,945	152,180	294823,465	3973052,745	256,818g	2,50	-2,50
99	2400,000	152,559	152,717	294839,199	3973033,317	256,502g	2,50	-2,50
100	2425,000	153,165	153,255	294855,031	3973013,969	256,184g	2,50	-2,50
101	2450,000	153,610	153,792	294870,959	3972994,700	255,866g	2,50	-2,50
102	2475,000	154,330	154,296	294886,983	3972975,511	255,547g	2,50	-2,50
103	2500,000	154,757	154,737	294903,103	3972956,402	255,229g	2,50	-2,50
104	2525,000	155,003	155,115	294919,318	3972937,374	254,911g	2,50	-2,50
105	2550,000	155,587	155,431	294935,628	3972918,427	254,593g	2,50	-2,50
106	2575,000	155,539	155,685	294952,033	3972899,562	254,274g	2,50	-2,50
107	2600,000	155,622	155,876	294968,532	3972880,780	253,956g	2,50	-2,50
108	2625,000	155,731	156,033	294985,125	3972862,080	253,638g	2,50	-2,50
109	2650,000	155,965	156,190	295001,810	3972843,463	253,319g	2,50	-2,50
110	2675,000	156,169	156,347	295018,589	3972824,930	253,001g	2,50	-2,50
111	2700,000	156,344	156,504	295035,460	3972806,481	252,683g	2,50	-2,50
112	2725,000	156,493	156,660	295052,424	3972788,117	252,364g	2,50	-2,50
113	2750,000	156,709	156,817	295069,478	3972769,837	252,046g	2,50	-2,50
114	2775,000	156,974	156,974	295086,624	3972751,644	251,728g	2,50	-2,50
115	2800,000	157,174	157,131	295103,861	3972733,536	251,409g	2,50	-2,50
116	2825,000	157,395	157,288	295121,188	3972715,514	251,091g	2,50	-2,50
117	2850,000	157,539	157,445	295138,605	3972697,580	250,773g	2,50	-2,50
118	2875,000	157,628	157,602	295156,111	3972679,732	250,504g	2,50	-2,50
119	2900,000	157,765	157,758	295173,648	3972661,915	250,504g	2,50	-2,50
120	2922,629	158,700	157,900	295189,522	3972645,787	250,504g	2,50	-2,50
121	2925,000	158,689	157,915	295191,185	3972644,098	250,504g	2,50	-2,50
122	2950,000	158,171	158,072	295208,722	3972626,280	250,504g	2,50	-2,50
123	2975,000	158,186	158,229	295226,259	3972608,463	250,504g	2,50	-2,50
124	3000,000	158,297	158,386	295243,796	3972590,646	250,504g	2,50	-2,50
125	3025,000	158,413	158,543	295261,334	3972572,829	250,504g	2,50	-2,50
126	3050,000	158,423	158,700	295278,871	3972555,012	250,504g	2,50	-2,50
127	3075,000	158,498	158,856	295296,408	3972537,195	250,504g	2,50	-2,50
128	3100,000	158,616	159,013	295313,945	3972519,378	250,504g	2,50	-2,50
129	3125,000	158,758	159,170	295331,482	3972501,561	250,504g	2,50	-2,50
130	3150,000	158,957	159,327	295349,019	3972483,744	250,504g	2,50	-2,50
131	3175,000	159,121	159,484	295366,557	3972465,927	250,504g	2,50	-2,50
132	3200,000	159,362	159,641	295384,094	3972448,110	250,504g	2,50	-2,50
133	3225,000	159,639	159,798	295401,631	3972430,293	250,504g	2,50	-2,50
134	3232,035	159,712	159,842	295406,566	3972425,279	250,504g	2,50	-2,50
135	3250,000	159,894	159,954	295419,168	3972412,476	250,504g	2,50	-2,50
136	3275,000	160,111	160,111	295436,705	3972394,659	250,504g	2,50	-2,50

137	3300,000	160,334	160,268	295454,242	3972376,842	250,504g	2,50	-2,50
138	3325,000	160,531	160,425	295471,780	3972359,025	250,504g	2,50	-2,50
139	3350,000	160,650	160,582	295489,317	3972341,207	250,504g	2,50	-2,50
140	3375,000	160,738	160,739	295506,854	3972323,390	250,504g	2,50	-2,50
141	3400,000	160,866	160,896	295524,391	3972305,573	250,504g	2,50	-2,50
142	3425,000	161,052	161,053	295541,928	3972287,756	250,504g	2,50	-2,50
143	3450,000	161,298	161,209	295559,444	3972269,918	250,726g	2,50	-2,50
144	3475,000	161,565	161,366	295576,874	3972251,996	251,044g	2,50	-2,50
145	3500,000	161,793	161,523	295594,214	3972233,988	251,363g	2,50	-2,50
146	3525,000	162,043	161,680	295611,464	3972215,892	251,681g	2,50	-2,50
147	3550,000	162,342	161,837	295628,624	3972197,711	251,999g	2,50	-2,50
148	3575,000	162,604	161,994	295645,692	3972179,444	252,318g	2,50	-2,50
149	3600,000	162,906	162,151	295662,669	3972161,093	252,636g	2,50	-2,50
150	3625,000	163,352	162,307	295679,553	3972142,656	252,954g	2,50	-2,50
151	3650,000	163,861	162,464	295696,346	3972124,135	253,273g	2,50	-2,50
152	3675,000	164,344	162,621	295713,045	3972105,531	253,591g	2,50	-2,50
153	3700,000	164,961	162,778	295729,651	3972086,843	253,909g	2,50	-2,50
154	3725,000	165,328	162,935	295746,164	3972068,073	254,227g	2,50	-2,50
155	3750,000	165,630	163,092	295762,583	3972049,220	254,546g	2,50	-2,50
156	3775,000	165,916	163,249	295778,907	3972030,285	254,864g	2,50	-2,50
157	3800,000	165,874	163,405	295795,136	3972011,269	255,182g	2,50	-2,50
158	3825,000	166,005	163,562	295811,270	3971992,172	255,501g	2,50	-2,50
159	3850,000	165,901	163,719	295827,308	3971972,995	255,819g	2,50	-2,50
160	3875,000	165,881	163,876	295843,250	3971953,738	256,137g	2,50	-2,50
161	3900,000	165,963	164,033	295859,096	3971934,401	256,456g	2,50	-2,50
162	3925,000	166,201	164,190	295874,845	3971914,985	256,774g	2,50	-2,50
163	3950,000	167,119	164,347	295890,497	3971895,491	257,092g	2,50	-2,50
164	3975,000	167,994	164,503	295906,050	3971875,918	257,411g	2,50	-2,50
165	4000,000	168,848	164,660	295921,506	3971856,268	257,729g	2,50	-2,50
166	4025,000	168,910	164,817	295936,864	3971836,542	258,047g	2,50	-2,50
167	4050,000	168,865	164,974	295952,122	3971816,738	258,365g	2,50	-2,50
168	4075,000	168,382	165,131	295967,281	3971796,859	258,684g	2,50	-2,50
169	4100,000	166,863	165,288	295982,341	3971776,904	259,002g	2,50	-2,50
170	4125,000	165,549	165,445	295997,301	3971756,874	259,320g	2,50	-2,50
171	4150,000	164,500	165,601	296012,161	3971736,769	259,639g	2,50	-2,50
172	4175,000	164,081	165,758	296026,919	3971716,590	259,957g	2,50	-2,50
173	4200,000	163,940	165,915	296041,577	3971696,338	260,275g	2,50	-2,50
174	4225,000	163,571	166,072	296056,133	3971676,013	260,594g	2,50	-2,50
175	4244,585	163,046	166,196	296067,465	3971660,040	260,843g	2,50	-2,50
176	4250,000	163,244	166,232	296070,588	3971655,615	260,912g	2,50	-2,50
177	4275,000	164,377	166,411	296084,940	3971635,145	261,230g	2,50	-2,50
178	4300,000	165,104	166,611	296099,201	3971614,612	261,396g	2,50	-2,50
179	4325,000	165,746	166,832	296113,449	3971594,070	261,396g	2,50	-2,50
180	4350,000	166,364	167,073	296127,697	3971573,527	261,396g	2,50	-2,50
181	4375,000	167,230	167,335	296141,944	3971552,984	261,396g	2,50	-2,50
182	4400,000	168,010	167,618	296156,192	3971532,441	261,396g	2,50	-2,50
183	4425,000	168,744	167,922	296170,440	3971511,899	261,396g	2,50	-2,50
184	4450,000	169,391	168,247	296184,687	3971491,356	261,396g	2,50	-2,50
185	4475,000	170,048	168,593	296198,935	3971470,813	261,396g	2,50	-2,50
186	4500,000	170,724	168,959	296213,183	3971450,271	261,396g	2,50	-2,50

187	4525,000	171,266	169,346	296227,430	3971429,728	261,396g	2,50	-2,50
188	4550,000	171,819	169,755	296241,678	3971409,185	261,396g	2,50	-2,50
189	4575,000	172,419	170,183	296255,926	3971388,642	261,396g	2,50	-2,50
190	4600,000	172,840	170,633	296270,173	3971368,100	261,396g	2,50	-2,50
191	4625,000	173,284	171,104	296284,421	3971347,557	261,396g	2,50	-2,50
192	4650,000	173,643	171,595	296298,669	3971327,014	261,396g	2,50	-2,50
193	4675,000	173,937	172,108	296312,917	3971306,471	261,396g	2,50	-2,50
194	4700,000	174,236	172,641	296327,164	3971285,929	261,396g	2,50	-2,50
195	4725,000	174,508	173,195	296341,412	3971265,386	261,396g	2,50	-2,50
196	4750,000	174,643	173,769	296355,660	3971244,843	261,396g	2,50	-2,50
197	4775,000	174,438	174,365	296369,907	3971224,300	261,396g	2,50	-2,50
198	4798,244	173,627	174,937	296383,154	3971205,201	261,396g	2,50	-2,50
199	4800,000	173,715	174,981	296384,155	3971203,758	261,396g	2,50	-2,50
200	4825,000	175,057	175,619	296398,403	3971183,215	261,396g	2,50	-2,50
201	4850,000	175,544	176,277	296412,650	3971162,672	261,396g	2,50	-2,50
202	4875,000	176,531	176,956	296426,898	3971142,130	261,396g	2,50	-2,50
203	4900,000	177,192	177,656	296441,146	3971121,587	261,396g	2,50	-2,50
204	4925,000	177,834	178,376	296455,393	3971101,044	261,396g	2,50	-2,50
205	4950,000	178,729	179,118	296469,641	3971080,501	261,396g	2,50	-2,50
206	4975,000	179,708	179,880	296483,889	3971059,959	261,396g	2,50	-2,50
207	5000,000	180,367	180,663	296498,136	3971039,416	261,396g	2,50	-2,50
208	5025,000	180,910	181,467	296512,384	3971018,873	261,396g	2,50	-2,50
209	5050,000	181,678	182,292	296526,632	3970998,330	261,396g	2,50	-2,50
210	5075,000	182,487	183,137	296540,879	3970977,788	261,396g	2,50	-2,50
211	5100,000	183,251	184,004	296555,127	3970957,245	261,396g	2,50	-2,50
212	5125,000	183,966	184,891	296569,375	3970936,702	261,396g	2,50	-2,50
213	5150,000	184,552	185,799	296583,622	3970916,160	261,396g	2,50	-2,50
214	5175,000	185,153	186,728	296597,870	3970895,617	261,396g	2,50	-2,50
215	5200,000	185,784	187,678	296612,118	3970875,074	261,396g	2,50	-2,50
216	5225,000	186,780	188,648	296626,365	3970854,531	261,396g	2,50	-2,50
217	5250,000	187,769	189,639	296640,613	3970833,989	261,396g	2,50	-2,50
218	5275,000	188,550	190,634	296654,861	3970813,446	261,396g	2,50	-2,50
219	5300,000	189,470	191,629	296669,108	3970792,903	261,396g	2,50	-2,50
220	5325,000	190,449	192,624	296683,356	3970772,360	261,396g	2,50	-2,50
221	5350,000	191,430	193,619	296697,604	3970751,818	261,396g	2,50	-2,50
222	5375,000	192,377	194,614	296711,851	3970731,275	261,396g	2,50	-2,50
223	5400,000	193,333	195,610	296726,099	3970710,732	261,396g	2,50	-2,50
224	5425,000	194,169	196,605	296740,347	3970690,189	261,396g	2,50	-2,50
225	5450,000	195,279	197,600	296754,594	3970669,647	261,396g	2,50	-2,50
226	5475,000	196,388	198,595	296768,842	3970649,104	261,396g	2,50	-2,50
227	5500,000	197,580	199,590	296783,090	3970628,561	261,396g	2,50	-2,50
228	5525,000	199,105	200,585	296797,337	3970608,019	261,396g	2,50	-2,50
229	5550,000	200,569	201,580	296811,585	3970587,476	261,396g	2,50	-2,50
230	5575,000	201,919	202,538	296825,833	3970566,933	261,396g	2,50	-2,50
231	5600,000	203,132	203,434	296840,080	3970546,390	261,396g	2,50	-2,50
232	5625,000	204,425	204,267	296854,328	3970525,848	261,396g	2,50	-2,50
233	5650,000	205,561	205,038	296868,576	3970505,305	261,396g	2,50	-2,50
234	5675,000	206,495	205,746	296882,823	3970484,762	261,396g	2,50	-2,50
235	5700,000	207,292	206,392	296897,071	3970464,219	261,396g	2,50	-2,50
236	5725,000	206,504	206,975	296911,319	3970443,677	261,396g	2,50	-2,50

237	5750,000	205,518	207,496	296925,566	3970423,134	261,396g	2,50	-2,50
238	5758,462	204,801	207,658	296930,389	3970416,181	261,396g	2,50	-2,50
239	5775,000	207,057	207,954	296939,814	3970402,591	261,396g	2,50	-2,50
240	5800,000	209,456	208,350	296954,062	3970382,049	261,396g	2,50	-2,50
241	5825,000	211,395	208,683	296968,309	3970361,506	261,396g	2,50	-2,50
242	5850,000	209,451	208,954	296982,557	3970340,963	261,396g	2,50	-2,50
243	5875,000	207,334	209,162	296996,805	3970320,420	261,396g	2,50	-2,50
244	5900,000	205,706	209,308	297011,052	3970299,878	261,396g	2,50	-2,50
245	5925,000	204,112	209,391	297025,285	3970279,324	261,545g	1,47	-2,50
246	5931,300	203,707	209,403	297028,859	3970274,137	261,634g	1,20	-2,50
247	5950,000	203,248	209,412	297039,416	3970258,701	262,019g	0,40	-2,50
248	5956,083	202,829	209,408	297042,827	3970253,665	262,184g	0,14	-2,50
249	5975,000	203,553	209,370	297053,341	3970237,938	262,818g	-0,67	-2,50
250	6000,000	203,749	209,266	297066,950	3970216,968	263,942g	-1,74	-2,50

VOLUMESTERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	VOLUME REMBLAI (m³)	VOLUME DEBLAI (m³)	VOLUME DECAPAGE (m³)
1	0,000	26,5	37,0	154,0
2	25,000	38,8	86,7	307,3
3	50,000	65,9	43,4	308,1
4	75,000	111,8	5,3	287,3
5	100,000	147,2	0,0	287,5
6	125,000	227,6	9,0	333,6
7	150,000	935,5	0,0	412,5
8	175,000	1516,9	4,9	500,9
9	200,000	1711,5	70,5	424,3
10	225,000	741,9	276,5	410,3
11	250,000	5,6	594,5	329,7
12	275,000	3,1	667,5	385,3
13	300,000	185,4	214,6	358,8
14	325,000	163,6	317,1	397,8
15	350,000	115,6	603,3	441,8
16	375,000	14,4	841,4	449,2
17	400,000	9,0	824,6	380,5
18	414,188	1,5	647,3	258,6
19	425,000	2,2	895,5	370,4
20	450,000	3,1	1141,4	512,7
21	475,000	3,1	1123,7	514,4
22	500,000	3,1	1181,4	519,4
23	525,000	3,1	1375,5	528,4
24	550,000	3,0	1123,0	516,3
25	575,000	89,4	667,7	495,8
26	600,000	268,9	524,7	510,4
27	625,000	297,8	484,5	510,7
28	650,000	318,9	429,4	509,5
29	675,000	307,0	383,4	505,5
30	700,000	292,5	378,8	503,4
31	725,000	315,8	352,2	501,7
32	750,000	264,4	326,1	495,0
33	775,000	258,0	268,4	490,3
34	800,000	236,3	251,8	487,1
35	825,000	194,2	183,3	478,8
36	850,000	35,8	103,0	457,2
37	875,000	3,2	126,6	481,1
38	900,000	3,1	276,0	488,9
39	925,000	3,1	344,0	491,3
40	950,000	3,1	365,4	492,0
41	975,000	3,1	341,5	490,1
42	1000,000	3,1	334,7	490,3
43	1025,000	3,1	287,0	488,7
44	1050,000	3,1	298,6	490,0
45	1075,000	3,1	350,3	490,8
46	1100,000	3,1	349,7	491,8
47	1125,000	3,1	258,3	488,6
48	1150,000	3,1	208,3	486,0
49	1175,000	16,1	115,9	481,5
50	1200,000	35,2	70,5	478,2
51	1225,000	56,4	47,8	452,7

52	1250,000	99,6	25,8	453,0
53	1275,000	112,8	13,2	451,3
54	1300,000	95,5	11,5	450,4
55	1325,000	192,9	0,0	430,5
56	1350,000	288,1	0,0	436,2
57	1375,000	377,8	0,0	441,5
58	1400,000	457,5	0,0	446,2
59	1425,000	494,1	0,0	448,7
60	1450,000	378,8	0,0	441,9
61	1475,000	235,0	0,0	432,7
62	1500,000	116,9	1,7	425,2
63	1525,000	42,8	60,5	477,3
64	1550,000	9,5	137,2	481,5
65	1575,000	3,0	236,6	485,2
66	1600,000	3,1	302,0	489,1
67	1625,000	3,0	344,8	491,1
68	1650,000	3,1	338,2	491,4
69	1675,000	3,1	407,7	493,9
70	1700,000	3,0	333,3	489,9
71	1725,000	3,1	359,3	490,8
72	1750,000	32,5	135,4	459,7
73	1775,000	111,5	111,2	466,7
74	1800,000	181,0	100,1	471,0
75	1825,000	205,7	81,7	470,7
76	1850,000	353,3	27,0	471,8
77	1875,000	753,6	0,0	462,3
78	1900,000	1207,9	0,0	485,6
79	1925,000	1269,9	0,0	400,3
80	1939,457	928,2	0,0	256,5
81	1950,000	1156,4	0,0	360,3
82	1975,000	1207,7	0,0	485,0
83	2000,000	721,8	0,0	461,5
84	2025,000	154,5	42,1	460,2
85	2050,000	3,0	356,3	490,4
86	2075,000	4,1	388,6	492,7
87	2100,000	11,1	380,2	469,6
88	2125,000	3,8	375,7	492,2
89	2150,000	11,1	226,0	465,1
90	2175,000	17,8	204,7	467,4
91	2200,000	179,8	140,7	475,0
92	2225,000	291,4	73,1	476,1
93	2250,000	599,5	26,4	478,0
94	2275,000	618,2	0,0	441,7
95	2300,000	427,3	17,9	462,8
96	2325,000	290,4	65,9	473,6
97	2350,000	147,3	101,7	468,5
98	2375,000	44,7	137,2	462,2
99	2400,000	4,2	191,4	482,9
100	2425,000	3,0	257,3	486,2
101	2450,000	5,1	211,1	485,0
102	2475,000	2,9	331,4	487,4
103	2500,000	2,9	335,9	486,6
104	2525,000	3,0	263,5	485,3

105	2550,000	2,9	448,2	490,1
106	2575,000	11,7	207,6	463,6
107	2600,000	45,7	137,2	462,2
108	2625,000	57,0	123,4	461,3
109	2650,000	27,8	151,8	461,4
110	2675,000	4,8	178,9	484,7
111	2700,000	3,3	182,5	484,9
112	2725,000	3,6	187,9	485,6
113	2750,000	3,2	241,9	487,6
114	2775,000	3,1	338,7	491,1
115	2800,000	3,2	390,0	493,9
116	2825,000	3,2	452,8	496,4
117	2850,000	3,1	437,9	495,3
118	2875,000	3,2	380,1	493,8
119	2900,000	3,7	449,9	482,8
120	2922,629	1,1	498,4	256,0
121	2925,000	1,6	551,8	277,2
122	2950,000	2,4	475,5	501,6
123	2975,000	3,2	320,5	491,4
124	3000,000	3,1	261,8	488,3
125	3025,000	3,1	205,9	485,0
126	3050,000	24,0	96,1	480,2
127	3075,000	54,9	56,5	477,7
128	3100,000	71,7	37,5	476,0
129	3125,000	87,3	29,7	451,7
130	3150,000	69,5	49,2	453,2
131	3175,000	66,5	56,0	453,6
132	3200,000	25,2	104,9	481,4
133	3225,000	2,1	124,1	310,9
134	3232,035	1,6	110,6	243,2
135	3250,000	2,7	240,7	419,6
136	3275,000	3,1	340,0	490,6
137	3300,000	3,1	414,2	494,2
138	3325,000	3,1	449,6	496,2
139	3350,000	3,1	409,7	493,8
140	3375,000	3,1	343,4	491,1
141	3400,000	3,1	317,0	490,3
142	3425,000	3,1	340,8	491,0
143	3450,000	3,1	426,9	494,1
144	3475,000	3,1	520,6	497,2
145	3500,000	3,1	593,3	500,1
146	3525,000	3,1	692,1	504,5
147	3550,000	3,1	836,2	510,1
148	3575,000	3,1	939,9	513,7
149	3600,000	3,1	1090,6	519,7
150	3625,000	3,1	1382,9	530,1
151	3650,000	3,1	1753,4	543,4
152	3675,000	3,1	2107,7	555,2
153	3700,000	3,1	2617,8	573,0
154	3725,000	3,0	2818,8	577,1

155	3750,000	3,0	2977,7	582,5
156	3775,000	3,0	3091,8	584,2
157	3800,000	3,2	2918,1	584,8
158	3825,000	3,1	2846,5	581,8
159	3850,000	3,1	2554,1	569,0
160	3875,000	3,1	2414,5	565,4
161	3900,000	3,1	2347,9	564,8
162	3925,000	3,1	2444,6	568,3
163	3950,000	3,0	3293,3	594,4
164	3975,000	2,9	4158,1	622,0
165	4000,000	2,9	4991,3	682,8
166	4025,000	3,0	4872,9	680,2
167	4050,000	2,8	4584,2	671,0
168	4075,000	2,8	3706,2	600,8
169	4100,000	3,1	1875,4	545,7
170	4125,000	25,9	489,3	486,6
171	4150,000	681,1	0,0	457,1
172	4175,000	1220,4	0,0	486,4
173	4200,000	1529,0	0,0	504,0
174	4225,000	1807,8	0,0	468,3
175	4244,585	1296,6	0,0	272,9
176	4250,000	1547,5	0,0	333,5
177	4275,000	1570,9	0,0	504,1
178	4300,000	1052,9	0,0	478,0
179	4325,000	665,6	0,0	457,3
180	4350,000	321,5	0,0	436,8
181	4375,000	3,2	243,5	487,1
182	4400,000	3,1	719,3	506,1
183	4425,000	3,2	1172,0	524,5
184	4450,000	3,2	1508,5	536,7
185	4475,000	3,1	1814,3	545,4
186	4500,000	3,1	2129,0	555,2
187	4525,000	3,0	2263,3	558,9
188	4550,000	3,1	2412,1	564,4
189	4575,000	3,0	2599,0	569,2
190	4600,000	3,0	2590,7	569,6
191	4625,000	3,0	2540,9	566,2
192	4650,000	3,0	2424,6	563,3
193	4675,000	3,0	2197,2	556,7
194	4700,000	3,1	1967,1	550,8
195	4725,000	2,9	1697,2	540,2
196	4750,000	2,8	1219,5	519,8
197	4775,000	140,1	447,2	468,4
198	4798,244	173,3	75,6	248,8
199	4800,000	186,3	76,1	266,5
200	4825,000	374,1	210,9	485,8
201	4850,000	416,7	122,1	494,6
202	4875,000	228,6	129,3	483,6
203	4900,000	399,3	115,6	498,3
204	4925,000	438,9	123,3	505,9

205	4950,000	352,4	203,5	506,8
206	4975,000	256,6	340,9	506,2
207	5000,000	199,6	283,9	494,6
208	5025,000	300,5	140,4	485,9
209	5050,000	309,7	75,7	480,9
210	5075,000	353,1	61,6	482,0
211	5100,000	413,2	40,9	479,1
212	5125,000	545,6	33,4	485,0
213	5150,000	833,3	0,0	468,8
214	5175,000	1144,6	0,0	485,0
215	5200,000	1472,9	0,0	502,6
216	5225,000	1404,5	0,0	496,4
217	5250,000	1271,8	0,0	482,0
218	5275,000	1459,0	0,0	491,3
219	5300,000	1595,6	0,0	499,4
220	5325,000	1646,6	0,0	504,1
221	5350,000	1710,4	0,0	509,1
222	5375,000	1729,7	0,0	508,5
223	5400,000	1735,7	0,0	504,4
224	5425,000	1839,3	0,0	507,3
225	5450,000	1787,0	0,0	506,8
226	5475,000	1703,8	0,0	505,4
227	5500,000	1531,5	0,0	498,9
228	5525,000	1017,3	0,0	473,6
229	5550,000	583,7	0,0	451,1
230	5575,000	245,4	31,1	463,1
231	5600,000	52,0	102,2	459,8
232	5625,000	2,5	462,8	490,5
233	5650,000	2,5	812,9	500,8
234	5675,000	3,2	1047,5	516,3
235	5700,000	3,3	1335,1	535,7
236	5725,000	61,9	834,7	534,5
237	5750,000	1052,9	0,0	334,9
238	5758,462	1167,6	0,0	270,3
239	5775,000	693,4	190,3	456,0
240	5800,000	17,6	1624,9	535,1
241	5825,000	2,6	3559,6	652,7
242	5850,000	105,6	1264,9	549,7
243	5875,000	1527,5	97,1	559,8
244	5900,000	3354,5	0,0	590,7
245	5925,000	3491,0	0,0	426,8
246	5931,300	3050,2	0,0	350,0
247	5950,000	3481,3	0,0	384,8
248	5956,083	3587,8	0,0	387,2
249	5975,000	5746,3	0,0	670,8
250	6000,000	6076,8	0,0	705,9
TOTAL		98692,8	146197	119591

VOLUMESCHAUSSEE

N°PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOL UME	BASE VOL UME	CHAUSSEE VOL UME	ACCOTE VOL UME	T,P,C,VOL UME
1	0,000	87,0	40,5	12,0	21,3	6,2
2	25,000	174,0	81,0	24,0	41,6	12,5
3	50,000	174,0	81,0	24,0	42,7	12,5
4	75,000	174,0	81,0	24,0	34,2	12,5
5	100,000	174,0	81,0	24,0	36,3	12,5
6	125,000	174,0	81,0	24,0	36,6	32,4
7	150,000	174,0	81,0	24,0	37,5	33,5
8	175,000	174,0	81,0	24,0	44,6	45,0
9	200,000	174,0	81,0	24,0	42,9	39,0
10	225,000	174,0	81,0	24,0	44,6	39,0
11	250,000	174,0	81,0	24,0	40,9	39,0
12	275,000	174,0	81,0	24,0	40,9	39,0
13	300,000	174,0	81,0	24,0	42,9	39,0
14	325,000	205,5	96,7	28,7	42,9	39,0
15	350,000	237,0	112,5	33,4	43,0	39,0
16	375,000	256,5	122,2	36,4	35,9	39,0
17	400,000	222,6	106,6	31,7	26,2	30,6
18	414,188	142,0	68,0	20,3	20,5	19,5
19	425,000	203,4	97,4	29,0	29,3	27,9
20	450,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
21	475,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
22	500,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
23	525,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
24	550,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
25	575,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
26	600,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
27	625,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
28	650,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
29	675,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
30	700,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
31	725,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
32	750,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
33	775,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
34	800,000	284,0	136,0	40,5	42,9	39,0
35	825,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
36	850,000	284,0	136,0	40,5	38,2	39,0
37	875,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
38	900,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0

39	925,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
40	950,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
41	975,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
42	1000,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
43	1025,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
44	1050,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
45	1075,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
46	1100,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
47	1125,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
48	1150,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
49	1175,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
50	1200,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
51	1225,000	284,0	136,0	40,5	31,9	39,0
52	1250,000	284,0	136,0	40,5	34,7	39,0
53	1275,000	284,0	136,0	40,5	34,4	39,0
54	1300,000	284,0	136,0	40,5	33,7	39,0
55	1325,000	284,0	136,0	40,5	32,0	39,0
56	1350,000	284,0	136,0	40,5	38,1	39,0
57	1375,000	284,0	136,0	40,5	41,9	39,0
58	1400,000	284,0	136,0	40,5	43,9	39,0
59	1425,000	284,0	136,0	40,5	44,4	39,0
60	1450,000	284,0	136,0	40,5	42,1	39,0
61	1475,000	284,0	136,0	40,5	34,6	39,0
62	1500,000	284,0	136,0	40,5	24,6	39,0
63	1525,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
64	1550,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
65	1575,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
66	1600,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
67	1625,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
68	1650,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
69	1675,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
70	1700,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
71	1725,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
72	1750,000	284,0	136,0	40,5	32,1	39,0
73	1775,000	284,0	136,0	40,5	40,1	39,0
74	1800,000	284,0	136,0	40,5	42,5	39,0
75	1825,000	284,0	136,0	40,5	42,7	39,0
76	1850,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
77	1875,000	284,0	136,0	40,5	43,7	39,0
78	1900,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
79	1925,000	224,1	107,3	32,0	35,2	30,8
80	1939,457	142,0	68,0	20,3	22,3	19,5
81	1950,000	201,9	96,7	28,8	31,7	27,7
82	1975,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
83	2000,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
84	2025,000	284,0	136,0	40,5	39,9	39,0
85	2050,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
86	2075,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
87	2100,000	284,0	136,0	40,5	32,8	39,0
88	2125,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0

89	2150,000	284,0	136,0	40,5	33,1	39,0
90	2175,000	284,0	136,0	40,5	36,9	39,0
91	2200,000	284,0	136,0	40,5	42,7	39,0
92	2225,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
93	2250,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
94	2275,000	284,0	136,0	40,5	39,0	39,0
95	2300,000	284,0	136,0	40,5	42,2	39,0
96	2325,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
97	2350,000	284,0	136,0	40,5	42,1	39,0
98	2375,000	284,0	136,0	40,5	36,8	39,0
99	2400,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
100	2425,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
101	2450,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
102	2475,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
103	2500,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
104	2525,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
105	2550,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
106	2575,000	284,0	136,0	40,5	34,3	39,0
107	2600,000	284,0	136,0	40,5	35,3	39,0
108	2625,000	284,0	136,0	40,5	35,1	39,0
109	2650,000	284,0	136,0	40,5	34,1	39,0
110	2675,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
111	2700,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
112	2725,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
113	2750,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
114	2775,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
115	2800,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
116	2825,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
117	2850,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
118	2875,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
119	2900,000	270,5	129,5	38,6	39,0	37,2
120	2922,629	142,0	68,0	20,3	20,5	19,5
121	2925,000	155,5	74,4	22,2	22,4	21,3
122	2950,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
123	2975,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
124	3000,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
125	3025,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
126	3050,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
127	3075,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
128	3100,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
129	3125,000	284,0	136,0	40,5	32,0	39,0
130	3150,000	284,0	136,0	40,5	32,0	39,0
131	3175,000	284,0	136,0	40,5	31,8	39,0
132	3200,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
133	3225,000	182,0	87,1	25,9	26,2	25,0
134	3232,035	142,0	68,0	20,3	20,5	19,5
135	3250,000	244,0	116,9	34,8	35,2	33,5
136	3275,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
137	3300,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
138	3325,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0

139	3350,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
140	3375,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
141	3400,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
142	3425,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
143	3450,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
144	3475,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
145	3500,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
146	3525,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
147	3550,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
148	3575,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
149	3600,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
150	3625,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
151	3650,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
152	3675,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
153	3700,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
154	3725,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
155	3750,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
156	3775,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
157	3800,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
158	3825,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
159	3850,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
160	3875,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
161	3900,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
162	3925,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
163	3950,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
164	3975,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
165	4000,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
166	4025,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
167	4050,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
168	4075,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
169	4100,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
170	4125,000	284,0	136,0	40,5	40,2	39,0
171	4150,000	284,0	136,0	40,5	34,5	39,0
172	4175,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
173	4200,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
174	4225,000	253,2	121,3	36,1	39,8	34,8
175	4244,585	142,0	68,0	20,3	22,3	19,5
176	4250,000	172,8	82,7	24,6	27,1	23,7
177	4275,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
178	4300,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
179	4325,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
180	4350,000	284,0	136,0	40,5	38,1	39,0
181	4375,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
182	4400,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
183	4425,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
184	4450,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
185	4475,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
186	4500,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
187	4525,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
188	4550,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0

189	4575,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
190	4600,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
191	4625,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
192	4650,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
193	4675,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
194	4700,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
195	4725,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
196	4750,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
197	4775,000	274,0	131,2	39,1	39,9	37,6
198	4798,244	142,0	68,0	20,3	20,5	19,5
199	4800,000	152,0	72,8	21,7	21,9	20,9
200	4825,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
201	4850,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
202	4875,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
203	4900,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
204	4925,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
205	4950,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
206	4975,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
207	5000,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
208	5025,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
209	5050,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
210	5075,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
211	5100,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
212	5125,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
213	5150,000	284,0	136,0	40,5	37,7	39,0
214	5175,000	284,0	136,0	40,5	43,8	39,0
215	5200,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
216	5225,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
217	5250,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
218	5275,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
219	5300,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
220	5325,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
221	5350,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
222	5375,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
223	5400,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
224	5425,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
225	5450,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
226	5475,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
227	5500,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
228	5525,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
229	5550,000	284,0	136,0	40,5	41,5	39,0
230	5575,000	284,0	136,0	40,5	42,0	39,0
231	5600,000	284,0	136,0	40,5	34,6	39,0
232	5625,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
233	5650,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
234	5675,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
235	5700,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
236	5725,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
237	5750,000	190,1	91,0	27,1	25,7	26,1
238	5758,462	142,0	68,0	20,3	22,3	19,5

239	5775,000	235,9	113,0	33,6	35,5	32,4
240	5800,000	284,0	136,0	40,5	40,5	39,0
241	5825,000	284,0	136,0	40,5	40,9	39,0
242	5850,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
243	5875,000	284,0	136,0	40,5	42,8	39,0
244	5900,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
245	5925,000	177,8	85,1	25,4	27,9	24,4
246	5931,300	142,0	68,0	20,3	22,3	19,5
247	5950,000	140,8	67,4	20,1	22,1	19,3
248	5956,083	142,0	68,0	20,3	22,3	19,5
249	5975,000	249,4	119,5	35,6	39,2	34,3
250	6000,000	284,0	136,0	40,5	44,6	39,0
<i>TOTAL (m³)</i>		<i>66774,00</i>	<i>31943,80</i>	<i>9511,50</i>	<i>9850,40</i>	<i>9254,10</i>