



**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE**



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL**

**MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER**

Spécialité : GENIE CIVIL

Option : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Présenté par :

CHERIF ABOUBACAR

Sujet du Mémoire :

**Études Avant-Projet Sommaire (APS)
et Avant-Projet Détaillé (APD)
d'une liaison autoroutière reliant Tiaret-Rélizane
sur un tronçon de 05 Kms**

Soutenu publiquement le 21/09/2020 devant le jury composé de :

Mr Klouche Ibrahim

Président

Mr Abada.Ghenam

Encadreur

Mr Benyamina Abderrahmane

Examineur

Mr Mimouni Mohamed

Examineur

PROMOTION : 2019 – 2020

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant **tout ALLAH le tout puissant**, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promoteur

Mr. Abada. Ghenam

Pour ces précieux conseils et encadrement dans le souci de mener à bien ce mémoire.

Nous tenons également à remercier tous nos professeurs qui nous ont fait de nous tout pour devenir ce que nous sommes aujourd'hui en termes de richesses en connaissances et compétences et tout le personnel technique et administratif du département de Génie Civil.

DÉDICACE

J'ai l'immense plaisir de dédier ce modeste travail, comme un geste de gratitude :

A celle qui m'a enfanté dans la douleur et la joie et qui a fait de moi tout pour ce qui je suis aujourd'hui , mon symbole d'amour :

Ma très chère mère : FANTA NABE ET SOUMAH MAKOUTA

A celui qui je chéri et j'apprécie incessamment pour son soutien continu tout le long de mes études :

Mon très cher père : CHERIF MAMADY

A celui qui a rendu possible mon obtention de bourse pour l'Algérie et qui m'a ouvert les yeux sur le savoir-faire et sur le savoir-vivre :

Mon deuxième très cher père : DIALLO ABDOULAYE

A toute ma famille ainsi que tous mes chers amis de près et de loin.

Sachez que je vous aime profondément et que je vous suis très reconnaissant pour tout ce que vous m'avez inculqué comme force et courage. Soyez infiniment remerciés et que Dieu vous accorde une longue et heureuse vie.

GLOSSAIRE

Autoroute : Voie de communication à chaussées séparées, exclusivement réservées à la circulation rapide, ne comportant aucun croisement à niveau et accessible en des points aménagés à cet effet. **Aqueduc** : Canalisation en maçonnerie généralement souterraine, destinée à conduire l'eau d'un lieu à un autre.

Berge : Partie de terrain surélevée, bordée par le talus de déblai et la limite de l'emprise.

Berne : Bande de terrain subhorizontale située au pied ou en crête d'un talus rocheux.

Bitume : Liant hydrocarboné obtenu par raffinage de bruts pétroliers. Ce liant peut être utilisé lors de la fabrication d'enrobés, lors de la mise en œuvre de certaines couches dans les chaussées et lors de la fabrication des émulsions de bitume.

Chaussée : La chaussée est la partie de la route qui sert à la circulation des véhicules.

Conception : Activité créatrice qui consiste à élaborer un projet, ou une partie des éléments le constituant, en partant des besoins exprimés, des moyens existants et des possibilités technologiques dans le but de créer un produit ou un service.

Dalot : Abords de route. Conduit ouvert pour l'écoulement de l'eau de ruissellement.

Déblai : Partie des terrassements comprenant le total des coupes de terrain à faire sur le tracé de la route à construire, dans les limites de l'emprise, suivant les plans et devis.

Emprise : Surface de terrain affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

Gabion : Panier pouvant avoir différentes grandeurs, ayant la forme d'une boîte, fabriqué de treillis métallique galvanisé recouvert de PVC et rempli de pierres.

Merlon de terre : Ouvrage de protection constitué généralement d'un talus de terre entourant une installation pour la protéger de l'extérieur mais aussi pour l'isoler visuellement et/ou phoniquement.

Ouvrage d'Art : Construction nécessaire à l'établissement et à l'exploitation d'une voie de communication tels un pont, un tunnel et un mur.

Passage inférieur/supérieur : Ouvrage qui permet à une route de passer sous/au-dessus une autre route ou un obstacle.

Pont : Ouvrage d'art permettant de franchir un cours d'eau, des voies de circulation routière ou ferroviaire ainsi que tout autre obstacle.

Point Kilométrique : Le **PK** c'est le Point Kilométrique, il permet de repérer un point sur le linéaire d'une route, il s'exprime en kilomètres. Entre deux **PK** il y a **1** kilomètre.

Profil en Long: Section verticale suivant le développement de l'axe longitudinal d'une voie, d'une conduite, etc.

Profil en Travers : Coupe transversale d'un ouvrage, définissant la géométrie suivant son épaisseur.

Remblai : Matériaux provenant des déblais, des excavations, des fossés de décharge ou des bancs d'emprunt et placés sous la ligne de l'infrastructure.

Talus : Partie de l'emprise de la route comprise entre l'arrondi de talus et le fossé.

Terrassement : Ensemble des ouvrages exécutés pour donner à la route la forme déterminée par les plans et le profil en long et en travers jusqu'à l'élévation de la ligne d'infrastructure.

Tunnel : ouvrages d'art. Galerie souterraine de grande section permettant le passage d'une voie de communication.

Viaduc : Ouvrages d'art. 1°Ouvrage de franchissement à grande hauteur situé au-dessus d'une vallée.

RESUME

La section de notre future autoroute qui s'étend de la Willaya de Tiaret vers Relizane porte sur le désenclavement de la capitale des Hauts Plateaux de l'Ouest né de sa position géographique peu favorable vis-à-vis des grandes voies de communication, sur un linéaire de 50kms.

Parmi ces 50 kms, notre présent mémoire se porte sur les 5 kms en APS et en APD commençant du PK30+000 jusqu'au PK35+000 à partir de l'intersection avec la RN14 dans le but de rechercher la faisabilité technique, socio-économique, financière et environnementale dans l'épaulement des Routes Nationales (RN23, RN14 et RN91) et les Chemins de Wilayas (CW02 et CW11) souffrant de congestion.

Le projet en question se situe dans un Environnement relativement facile de plate-forme de (02x03 voies de 21m) avec un TPC de 03 m présentant en conséquence de très bonnes caractéristiques géométriques qui nous a d'ailleurs incité à y implanter soigneusement le tracé des trois Variantes (V1, V2 et V3) proposées avec des courbes de raccordement de valeurs respectives (2000m, 5000m et 3500m) dans le respect des Normes préconisées par (ICTAAL et B40). Une fois la variante la plus économique et peu impactante retenue qui est (**la Variante V3**), une étude plus poussée a été entamer par la suite en ce qui concerne le dimensionnement du corps de chaussée qui a donné d'Après la Méthode CBR retenue, pour :

- la Couche de Roulement : 8 cm de Béton Bitumineux (B.B) ;
- la Couche de Base : 20 cm de Grave Bitume (G.B) ;
- la Couche de Fondation : 24 cm de Graves Non Traités (G.N.T) et
- le Sol de plateforme : 60 cm de TUFS amélioré en deux couches.

Le tracé s'est efforcé d'éviter au maximum les contraintes y existantes notamment, les surfaces bâties, néanmoins, les écoulements simples d'eaux ont été traversés par des **buses** et des Oueds par des **dalots**, de même pour les pistes routières et Ferroviaires par des **Ouvrages d'Art** afin de collecter les eaux internes et externes et de les évacuer dans les caniveaux et dans les canalisations.

Ces études consistent à maintenir au maximum la chaussée projetée dans la durée de vie (20 ans) prévue ensuite procéder à son renforcement afin de garantir sa pérennité compte tenue des réseaux d'assainissement proposés.

ABSTRACT

The section of our future motorway which extends from Willaya de Tiaret to Relizane concerns the opening up of the capital of the Western Highlands born of its unfavorable geographical position vis-à-vis the main communication routes, on a linear distance of 50kms.

Among these 50 kms, our present thesis covers the 5 kms in APS and in APD starting from PK30 + 000 to PK35 + 000 from the intersection with the RN14 in order to seek the technical feasibility, socio- economic, financial and environmental in the shoulder of the National Roads (RN23, RN14 and RN91) and the Chemins de Wilayas (CW02 and CW11) suffering from congestion.

The project in question is located in a relatively easy platform environment of (02x03 tracks of 21m) with a TPC of 03 m consequently presenting very good geometrical characteristics which moreover encouraged us to establish carefully the layout of the three Variants (V1, V2 and V3) offered with connection curves of respective values (2000m, 5000m and 3500m) in compliance with the Standards recommended by (ICTAAL and B40). Once the most economical and low impact variant was chosen (the V3 Variant), a more in-depth study was subsequently undertaken with regard to the dimensioning of the body of the roadway which gave, according to the CBR Method retained, for:

- the Bearing Layer: 8 cm of Bituminous Concrete (B.B);
- the Base Coat: 20 cm of Grave Bitumen (G.B);
- the Foundation Layer: 24 cm of Untreated Graves (G.N.T) and
- Platform floor: 60 cm of improved TUFs in two layers.

The route has endeavored to avoid as much as possible the existing constraints, in particular, the built surfaces, nevertheless, the simple flows of water were crossed by nozzles and wadis by scuppers, the same for the road and rail tracks. by Structures in order to collect internal and external water and evacuate it in the gutters and in the pipes.

These studies consist of maintaining the planned pavement as much as possible over the expected lifespan (20 years) and then reinforcing it in order to guarantee its sustainability given the proposed sanitation network

ملخص

يتعلق قسم طريقنا السريع المستقبلي الذي يمتد من ولاية تيارت إلى غليزان قصد فتح عاصمة المرتفعات الغربية التي نشأت بسبب موقعها الجغرافي غير المواتي مقابل طرق الاتصال الرئيسية ، على مسافة خطية تبلغ 50 كم.

من بين هذه الـ 50 كيلومترًا ، تغطي أطروحتنا الحالية 5 كيلومترات في APS وفي APD بدءًا من PK30 + 000 إلى PK35 + 000 من التقاطع مع RN14 من أجل البحث عن الجدوى الفنية والاجتماعية والاقتصادية والمالية والبيئية في الكنف من الطرق الوطنية (RN14 و RN23 و RN91) والطرق الولائية (CW02 و CW11) التي تعاني من الازدحام.

يقع المشروع المعني في بيئة منصة سهلة نسبيًا (x0302 مسارًا بطول 21 مترًا) مع TPC يبلغ 03 مترًا وبالتالي يقدم خصائص هندسية جيدة جدًا مما شجعنا أيضًا على إنشاء تخطيط للمتغيرات الثلاثة (V1 و 2V و 3V بعناية) المقدمة مع منحنيات التوصيل ذات القيم الخاصة (2000 م ، 5000 م و 3500 م) وفقًا للمعايير الموصى بها من قبل (ICTAAL و 40B). بمجرد اختيار المتغير الأكثر اقتصادا والأقل تأثيرًا (متغير V3) ، تم إجراء دراسة أكثر تعمقًا فيما يتعلق بأبعاد جسم الطريق والتي أعطت ، وفقًا لطريقة CBR المحتفظ بها ، من أجل:

- طبقة التحميل: 8 سم من الخرسانة البيتومينية (BB).
- الغلاف الأساسي: 20 سم من بيتوم Grave (GB) ؛
- طبقة الأساس: 24 سم من المقابر غير المعالجة (G.N.T) و
- أرضية المنصة: 60 سم من TUFS المحسن في طبقتين.

لقد سعى المسار إلى تجنب القيود الموجودة قدر الإمكان ، لا سيما الأسطح المبنية ، ومع ذلك ، فإن التدفقات البسيطة للمياه تم عبورها بواسطة الفوهات والوديان بواسطة الغطاسات ، وكذلك بالنسبة للطرق وخطوط السكك الحديدية. عن طريق منشآت لتجميع المياه الداخلية والخارجية وتفريغها في المزارب والأنابيب.

تتكون هذه الدراسات من الحفاظ على الرصيف المخطط له قدر الإمكان على مدار العمر المتوقع (20 عامًا) ومن ثم تعزيزه لضمان استدامته نظرًا لشبكة الصرف الصحي المقترحة

TABLE DES MATIERES

CONTEXTE GENRAL DU PROJET

CHAPITRE 1. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1.1	Description du Projet :	1
1.1.1	Présentation de la Willaya :	1
1.1.1.1	Situation Géographique :	2
1.1.1.2	Situation Démographique :	2
1.1.1.3	Situation Climatique :	2
1.1.1.4	Situation Hydrologique:	3
1.1.1.5	Situation hydrogéologique :	4
1.1.1.6	Transports Et Infrastructures :	4
1.1.1.7	Mines et Industries :	4
1.1.1.8	Santé et Tourisme :	5
1.1.2	Présentation du Projet :	5
1.1.2.1	Cadre de l'Etude :	5
1.1.2.2	Objectif du Projet :	6

CHAPITRE 2. ETUDES DE PHASES EN AMONT DU PROJET

2.1	Concertation en Amont Du Projet :	7
2.1.1	Débats Préalables :	7
2.1.2	Études Préliminaires :	7
2.1.3	Une Décision Ministérielle :	7
2.1.4	Études d'Avant-Projet Sommaire (APS) :	8
2.1.5	Présentation des Variantes et Contraintes :	8
2.1.5.1	1-ère VARIANTE :	9
2.1.5.2	2 -ème VARIANTE :	9
2.1.5.3	3 -ème VARIANTE :	10
2.1.5.4	Analyses Multicritères entre les Trois (3) VARIANTES :	10
2.1.5.5	Conclusion :	11
2.1.6	Présentation et Commentaires de la Variante V3 Retenue :	12

CHAPITRE 3. ETUDES D'IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

3.1	Introduction :	13
3.2	Objectifs :	13
3.3	Les Impacts Positifs :	13
3.4	Les Impacts Négatifs :	14
3.4.1	Impacts sur les milieux physiques :	14
3.4.1.1	Impacts sur le Sol :	14
3.4.1.2	Impacts sur les Ressources Hydriques :	14
3.4.1.3	Impacts sur L'Atmosphère :	15
3.4.2	L'impact Sur Le Milieu Naturel :	15
3.4.2.1	L'impact Sur Le Paysage :	15
3.4.2.2	Impacts sur la Faune :	15
3.4.2.3	Impacts sur la Flore :	16
3.4.3	Impacts Socio-économiques :	16
3.4.3.1	Impacts acoustiques :	16
3.4.3.2	La sécurité des Riverains :	16
3.4.4	Impact sur le Réseau Routier et les Réseaux Divers :	17
3.4.4.1	Impacts Sur le Réseau Routier :	17
3.4.4.2	Impacts Sur le Réseau Divers :	17
3.4.5	Tableau Récapitulatifs des Impacts Négatifs :	17
3.4.6	Les Recommandations Environnementales Pour Minimiser les Impacts Négatifs :	18

CHAPITRE 4. ETUDES DU TRAFIC

4.1	Introduction :	19
4.2	Vocabulaire de Trafics :	19
4.3	Analyse des trafics existants :	20
4.4	Types du Trafic :	20
4.5	Détermination de l'Environnement de la Chaussée Projetée :	21
4.5.1	La Dénivelée Cumulée Moyenne :	21
4.5.2	La Sinuosité :	21
4.5.3	Conclusion :	21
4.5.4	APPLICATION AU PROJET :	22
4.6	Paramètres Fondamentaux :	22

4.6.1	Détermination de la Catégorie de la Chaussée Projetée :.....	22
4.7	Capacité de Trafic :	23
4.7.1	Projection Future Du Trafic :	23
4.7.1.1	Trafic Moyen Journalier (TJMA) Horizon :	23
4.7.1.2	Calcul du Trafic Effectif :	23
4.7.1.3	Débit de Pointe Horaire Normal :	24
4.7.2	Évaluation de l'Offre :.....	24
4.7.2.1	Débit Horaire Admissible :	24
4.7.2.2	Calcul du Nombre de Voies :.....	25
4.8	APPLICATION AU PROJET :.....	25
4.8.1	Données du Trafic :	25
4.8.2	Projection future du trafic :	26
4.8.3	Évaluation de l'Offre :.....	27
4.9	Conclusion :.....	27

CHAPITRE 5. ETUDES GEOMETRIQUES

5.1	Généralités :.....	29
5.2	Paramètres Fondamentaux de la Chaussée Projetée :	30
5.2.1	Catégorie de la Chaussée Projetée :	30
5.2.2	Critères de Choix des Données de Bases de la Chaussée Projetée :	30
5.2.2.1	Vitesse de Reference :.....	30
5.2.2.2	Choix de la Vitesse de Référence :	30
5.2.3	Le Dévers :	31
5.2.4	Comportement de l'Usager :	31
5.2.4.1	La Visibilité :	31
5.2.4.2	Distance d'Arrêt :.....	31
5.3	Éléments Constituants la Route :	32
5.3.1	Trace en Plan :.....	32
5.3.1.1	Définition du Tracé en Plan :.....	32
5.3.1.2	Règles à Respecter dans un Tracé en Plan :.....	32
5.3.1.3	Les Éléments Géométriques du Tracé en Plan :	33
5.3.1.3.1	Alignements Droits :.....	33
5.3.1.3.2	Rayon de Courbure en Plan :.....	34
5.3.1.3.3	Les Raccordements Progressifs (Clothoïdes) :.....	34

5.3.1.4	Enchaînement des éléments du Tracé en Plan :	35
5.3.1.5	APPLICATION AU PROJET :	36
5.3.2	Profil en Long :	37
5.3.2.1	Définition du Profil en Long :	37
5.3.2.2	Règles et Paramètres de Choix d'un Profil en Long :	37
5.3.2.3	Les Eléments du Profil en Long de la Chaussée Projetée :	39
5.3.2.3.1	La Déclivité :	39
5.3.2.3.2	Raccordement en Profil en Long :	39
5.3.2.4	Coordination du Tracé en Plan et Profil en Long :	42
5.3.2.5	APPLICATION AU PROJET :	43
5.3.3	Profil en Travers :	45
5.3.3.1	Définition du Profil en Travers :	45
5.3.3.2	Détermination des Profils en Travers :	45
5.3.3.3	Classification du Profil en Travers :	45
5.3.3.3.1	Le Profil en Travers Type :	45
5.3.3.3.2	Le Profil en Travers Courant :	45
5.3.3.4	Les Éléments du Profil en Travers :	46
5.3.3.5	Pentes Transversales :	48
5.3.3.6	Changement de Dévers:	48
5.3.3.7	APPLICATION AU PROJET :	49

CHAPITRE 6. CUBATURES DE TERRASSEMENTS

6.1	Introduction :	51
6.2	Généralités :	51
6.2.1	Les Cubatures :	51
6.2.2	Les Terrassements :	51
6.2.3	Méthodes De Calcul des Cubatures de Terrassements :	52
6.2.4	Description de la Méthode de la Moyenne Des Aires :	53
6.2.5	APPLICATION AU PROJET :	53

CHAPITRE 7. ETUDES GEOTECHNIQUES

7.1	Introduction :	54
7.2	Programme d'Investigations Géologiques et Géotechniques :	54
7.3	Les Moyens de Reconnaissance :	55
7.3.1	Les différents Essais In-Situ	55
7.3.1.1	Puits de Reconnaissance :	55

7.3.1.2	Sondages Carottés :.....	55
7.3.1.3	Les Forages :.....	55
7.3.1.4	Les Essais de Plaque :.....	55
7.3.1.5	Les Essais Pénétrométriques :.....	56
7.3.2	Les Différents Essais au Laboratoire :	56
7.3.2.1	Analyse Granulométrique :.....	56
7.3.2.2	Équivalent De Sable :.....	57
7.3.2.3	Limites D'Atterberg :.....	57
7.3.2.4	Essai Proctor :	57
7.3.2.5	Essai C.B.R :.....	57
7.3.2.6	Essai Los Angeles :.....	57
7.3.2.7	Essai Micro Deval :.....	58
7.3.3	Exécution du Programme de Reconnaissance et des Essais de Laboratoire :	58
7.3.4	Condition d'utilisation des Sols en Remblais :	58
7.3.4.1	Matériaux pour remblais provenant des déblais :	58
7.3.4.2	Matériaux pour remblais provenant De Zone d'emprunts :.....	58
7.3.4.3	Les matériaux de remblais seront exempts de :	59

CHAPITRE 8. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

8.1	Introduction :.....	60
8.2	Facteurs Considérés dans le Dimensionnement des Chaussées :.....	60
8.2.1	Trafic :.....	60
8.2.2	Environnement :	60
8.2.3	Le Sol Support :.....	60
8.2.4	Matériaux :	61
8.3	Principe de la Constitution des Chaussées :	61
8.4	Définition de la Chaussée :.....	61
8.5	Fonctionnalités de la Chaussée :	61
8.5.1	Le Sol de Plate-Forme :.....	62
8.5.2	La Couche de Forme :.....	63
8.5.3	Couche d'Assise :.....	63
8.5.4	La Couche de Surface :	64
8.6	Les Différentes Familles de Structures de Chaussées :.....	65
8.6.1	Les Chaussées Souples :.....	65
8.6.2	Les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques ou semi-rigides :	66

8.6.3	Les chaussées en béton de ciment :.....	67
8.7	Méthodes de Dimensionnement des Chaussées :.....	68
8.7.1	Méthodes Empiriques :.....	68
8.7.2	Méthodes Rationnelles:.....	68
8.8	Etude de la Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):	68
8.8.1	Notion de l'Épaisseur Eéquivalente :.....	69
8.9	Méthodes du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves :.....	70
8.10	APPLICATION AU PROJET :.....	71
8.10.1	Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):	71
8.10.2	Méthodes du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves :.....	73
8.10.3	Conclusion :.....	79

CHAPITRE 9. ETUDES DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

9.1	Introduction :.....	80
9.2	Études Préalables :	80
9.3	Enjeux Multiples d'un Projet d'Assainissement :.....	80
9.4	Drainage des Eaux Souterraines :.....	81
9.4.1	Définition d'un Drain :.....	81
9.4.2	Nécessité du Drainage des Eaux Souterraines :	81
9.4.3	Protection Contre la Nappe Phréatique :.....	81
9.5	Les Ouvrages d'Assainissement :.....	82
9.5.1	Bassin Versant :.....	82
9.5.2	Assainissement de la Plate-Forme :	82
9.5.2.1	Les Ouvrages de Collecte Longitudinale :.....	83
9.5.2.2	Les Ouvrages de Collecte Transversaux :.....	84
9.5.2.2.1	Les Dalots :.....	84
9.5.2.2.2	Les Buses :.....	85
9.5.2.3	Ouvrages de Raccordement :	85
9.6	Étude Hydrologique :	85
9.6.1	Méthodes de Caquot :.....	85
9.6.2	Méthodes Rationnelle :.....	86
9.6.3	Méthode Linéaire :	88
9.7	APPLICATION AU PROJET	89

CHAPITRE 10. SIGNALISATION

10.1	Introduction :.....	90
------	---------------------	----

10.2	Rôle de la Signalisation Routière :	90
10.3	Catégories De Signalisation :	90
10.4	Règles à Respecté pour la Signalisation :	90
10.5	Types De Signalisation :	90
10.5.1	Signalisation Verticale:	91
10.5.1.1	Signaux de danger :	91
10.5.1.2	Signaux comportant une prescription absolue :	91
10.5.1.3	Signaux à simple indication:	91
10.5.1.4	Signaux de position des dangers:	91
10.5.2	Signalisation Horizontale :	92
10.5.2.1	Marquage Longitudinal :	92
10.5.2.2	Marquage Transversal :	94
10.5.2.3	Autre Marquage :	94
10.5.2.4	Caractéristiques Générales Des Marques:	95
10.5.3	Catégories De Panneaux :	95
10.6	APPLICATION AU PROJET :	96
10.6.1	Signalisation Verticale :	97
10.6.2	Signalisation Horizontale :	98

CONCLUSION GENERALE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. Variation Climatique dans la Wilaya de Tiaret (données Moyennes sur 20ans ; Station Météorologique de Ain Bouchekif, 1986-2006)	03
Tableau I.2. Ressources Hydriques Superficielles Et Souterraines.....	03
Tableau I.3. Hydrogéologie de la Région de Tiaret	04
Tableau I.4. Infrastructures de Communication.....	04
Tableau I.5. Potentialités Sanitaires et Touristiques	05
Tableau II.1. Analyses Multicritères entre les trois (3) Variantes Proposées.....	11
Tableau III.1. Récapitulatifs des impacts négatifs	17
Tableau III.2. Récapitulatifs des remèdes aux impacts négatifs	18
Tableau IV.1. Environnement de la Route	21
Tableau IV.2. Application aux Types d'Environnement de la Route	22
Tableau IV.3. Coefficient D'équivalence P (Source Norme B40).....	24
Tableau IV.4. Valeur de K1 (Source Norme B40).....	24
Tableau IV.5. Valeur de K2 (Source Norme B40).....	25
Tableau IV.6. Valeur de Cth (Source Norme B40).....	25
Tableau IV.7. Tableau des Résultats du Trafic	28
Tableau V.1. Les Principales Paramètres Cinématiques.....	32
Tableau V.2. Normes Géométriques pour les longueur d'Alignement selon B40.....	34
Tableau V.3. Normes Géométriques pour Rayons de Raccordements selon ICTAAL	34
Tableau V.4 Eléments Caractéristiques en Plan de la VARIANTE 3 retenue.....	36
Tableaux V.5. Valeurs limites de déclivités selon ICTAAL.....	39
Tableau V.6. Valeurs Minimales des Raccordements verticaux selon ICTAAL.....	42
Tableau V.7. Eléments Caractéristiques Longitudinale de la VARIANTE 3 retenue	44
Tableau V.8. Valeurs des Eléments du Profils en Travers	49
Tableau V.9. Valeurs des Composantes du Profil en Travers de la chaussée Projetée.....	49
Tableau VI.1. Résultats sur les Calculs des Cubatures de la Chaussée Projetée	53
Tableau VIII.1. Coefficient d'équivalence pour chaque matériau	70
Tableau VIII.2. Récapitulatifs des Épaisseurs Réelles et Équivalentes par CBR	72
Tableau VIII.3. Structures Types Disponibles dans le Dimensionnement.....	74
Tableau VIII.4. Choix des Températures Équivalentes	75
Tableau VIII.5. Classes de trafic (TPLi) Adoptées	75
Tableau VIII.6. Répartition Transversale du Trafic	76

Tableau VIII.7. Risques en Fonction du Niveau de Trafic	77
Tableau VIII.8. Déterminant la Classe du Sol	77
Tableau VIII.9. Sur Classement des Sols Supports de Chaussées	78
Tableau VIII.10. Comparaison entre la Méthode C.B.R et la Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves.....	79
Tableau IX.1. Les Coefficients de Ruissellement (C).....	87
Tableau IX.2. Propositions des Ouvrages Hydrauliques.....	89
Tableau X.1. Modulations des Lignes Discontinues.....	93

LISTE DES FIGURES

Figure I.2. Cadre de L'Etude.....	02
Figure II.1. Présentation des trois (3) Variantes et Contraintes de notre Projet.....	09
Figure II.2. VARIANTE V3 retenue.....	12
Figure V.1. Les Eléments Géométriques d'une Route.....	29
Figure V.2. Tracé en Plan de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane.....	37
Figure V.3. Calcul d'un angle rentrant de profil en long.....	40
Figure V.4. Calcul d'un angle saillant de Profil en Long.....	41
Figure V.5. Coordination Tracé en Plan – Profil en Long.....	43
Figure V.6. Profil en Long de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane.....	44
Figure V.7. Profil en Travers Type de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane.....	50
Figure VI.1. Extraction des Déblais.....	52
Figure VI.2. Remblaiement de la tranchée.....	52
Figure VI.3. Description des Sections Déblais et Remblais.....	53
Figure VIII.1. Schéma Structurale d'une Chaussée Modernes et Ancienne.....	62
Figure VIII.2. Couche de Forme.....	63
Figure VIII.3. Couche d'Assise.....	64
Figure VIII.4. Couche de Surface.....	65
Figure VIII.5. Structure type d'une Chaussée Souple (LCPC, 1994).....	66
Figure VIII.6. Structure type d'une Chaussée Semi-Rigide (LCPC, 1994).....	66
Figure VIII.7. Structure type d'une Chaussée Rigide (LCPC, 1994).....	67
Figure VIII.8. Les Épaisseurs des Couches par la Méthode CBR.....	73
Figure VIII.9. Les Épaisseurs des Couches par la Méthode du Catalogue.....	79
Figure IX.1. Réseaux d'Assainissement d'une Chaussée Routière.....	83
Figure X.1. Schéma récapitulatif de la logique des panneaux.....	92
Figure X.2. Démonstration des Modulation.....	93
Figure X.3. Fleche de Signalisation.....	95
Figure X.4. Les Signalisation verticales Appliquées à la Chaussée Projetée.....	97
Figure X.5. Panneaux de Direction sur AutoRoute.....	98
Figure X.6. Franchissement de la ligne continue est interdit.....	98
Figure X.7. La ligne médiane discontinue et sa longueur des traits et intervalles.....	99
Figure X.8. Ligne de rive sur autoroute.....	99
Figure X.9. Les lignes délimitant les voies du Tracé.....	99

LISTE DES ABREVIATIONS

B40 : Normes Techniques d'Aménagement des Routes

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

SETRA : Service d'Étude sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements

ADA : Agence de Développement des Autoroutes

RN14 : Route Nationale 14

RN23 : Route Nationale 23

CW : Chemins de Wilaya

CC : Chemins communaux

APS : Avant-Projet Sommaire

APD : Avant-Projet Détaillé

V_R : Vitesse de Référence

Alt_{min} : Altitude minimale

Alt_{max} : Altitude maximale

TP : Tracé en Plan

AD : Alignement Droit

PL : Profil en Long

TN : Terrain Naturel

PK : Point Kilométrique

T.P.C : Terre-plein central

B.D.G : Bande Dérasée Gauche

B.M : Bande Médiane

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence

PU : Puits de Reconnaissance

OPM : Optimum Proctor Modifié

I.CBR : Indice de Portance Californian (Californian Bearing Ratio)

B.B : Béton Bitumineux

G.N.T : Grave Non Traitée

G.B : Grave Bitume

G.C : Grave Ciment

CONTEXTE GENERAL DU PROJET :

L'ère de la mondialisation à mobilité pratiquement illimitée, les infrastructures routières constituent une épine dorsale dans tout processus de développement d'un pays. Elles sont pour une économie les infrastructures de base pour le démarrage du processus de la croissance économique du fait qu'elles jouent un rôle important dans le sentier du développement en établissant d'une part les liaisons entre les régions productrices et celles qui ne le sont pas, et d'autre part, entre le pouvoir central, les pouvoirs provinciaux et les entités décentralisées.

Aujourd'hui, en Algérie, le développement du réseau routier atteint son point culminant et reste le réseau routier le plus étendu d'Afrique recelant une longueur de 129.000 km, réparties sur 76.028 km de routes nationales/départementales et 32.274 km de routes secondaires et plus de 3.756 Ouvrages d'Art. Certes la promotion du plan de développement national doit aller de pair avec le Schéma Directeur Routier et Autoroutier (2005-2025).

Parmi les différents projets figurant sur le Schéma Directeur Routier et Autoroutier, **50 km en phase d'Études**, concerne la willaya de Tiaret, prévu pour l'équilibre fonctionnel des espaces régionaux par rapport aux revendications des acteurs territoriaux.

En partant de ce Schéma Directeur, précisément, les **50 km** concernant la willaya de Tiaret et ne visant que des objectifs de désenclavement, l'objet de notre étude est de « **présenter une Étude en Avant-Projet Sommaire (APS) et en Avant-Projet détaillé (APD) de Liaison-Autoroutière Tiaret-Rélizane sur un tronçon de 05 Kms, conformément aux directives (Normes) nationales (B40) et Internationales (ICTAAL 2000, SETRA)** ».

Outre l'importance capitale de l'aménagement de notre tronçon autoroutier Tiaret-Relizane, sa réalisation est généralement accompagnée par des effets péjoratifs sur l'environnement, qui sont à estimer et à éviter dans la mesure du possible dans les études préalables. D'où notre interrogation : « **Comment réaliser un tracé avec de bonnes caractéristiques géométriques en tenant compte des coûts et délai, tout en l'optimisant sous la contrainte de la réglementation environnementale ?** ».

Pour répondre à cette question, nous verrons concrètement à travers « **L'analyse Multicritères des trois (3) Variantes proposées** », le choix d'une unique variante constituant le meilleur compromis entre « **les contraintes technico-économiques et le respect des environnements naturels et humains** », afin de satisfaire les bénéficiaires de l'autoroute projetée.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1.1 DESCRIPTION DU PROJET :

La future Liaison-Autoroutière (Tiaret-Relizane) faisant l'objet de notre projet, traverse les régions de : « Mellakou (RN14) ; Tagdempt (CW11) ; Machraa SFA(CW02) ; Rahouia (RN91) et Oued Essalem (RN23) afin de rejoindre la Willaya de Relizane » et trouve son origine dans le Schéma Directeur Routier et Autoroutier (2005-2025). Ce schéma directeur s'inscrit dans les conditions de l'épanouissement économique et social de la région et de l'ensemble du pays soumises aux critères de décision suivants :

- Enjeux de transport,
- Situation financière,
- Contraintes macro-économiques,
- Développement de liaisons correspondantes dans les régions souffrant de congestions.

Le tracé doit s'efforcé d'éviter au maximum les habitations, néanmoins certaines maisons seront probablement presque touchées par le projet. Les cours d'eau seront traversés soit par des dalots ou soit par des Ouvrages d'Art ; des buses seront posées pour assurer le drainage des petits bassins versants ; des bassins de décantations munis de déshuileurs seront construits tout le long du parcours de façon à recueillir les eaux de ruissellement et de les évacuer dans les caniveaux; les chemins ruraux et les pistes agricoles feront l'objet d'ouvrages de traversées par ouvrages supérieurs ou inférieurs.

1.1.1 PRESENTATION DE LA WILLAYA :

La willaya de Tiaret est située à **340 km** de la capitale Alger au Nord-Ouest du pays occupant une superficie de **20.086,62 km²**. La variation des reliefs et le caractère hétérogène de l'espace, induisent une variété des paysages agricoles et autres espaces naturels. La wilaya se caractérise par un climat continental dont l'hiver est rigoureux et l'été chaud et sec. Elle reçoit **300 à 400 mm** de pluies en moyenne par an.

La région de Tiaret englobe une partie de l'Atlas tellien au Nord et les hauts plateaux au Centre et au Sud ; la région agricole du Nord de **1.610.703 ha** réparties à raison de **704.596 ha** agricoles utiles dont **14.561 ha** en irrigué (qui occupe d'ailleurs en grande superficie notre tracé), où se trouve la céréaliculture associée à l'élevage et les parcours steppiques au Sud d'une superficie de **1.106.225 ha**, où l'élevage extensif est pratiqué.

1.1.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La wilaya de Tiaret fait partie de la région des hauts plateaux. Administrativement, la wilaya dispose de 14 Daïras et 42 Communes dont 24 communes rurales. Elle est délimitée géographiquement au Nord par les wilayas de Relizane, Chlef et Tissemsilt, à l'Ouest par les wilayas de Mascara et Saida, à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Sud et Sud-Est par Laghouat et El Bayad.

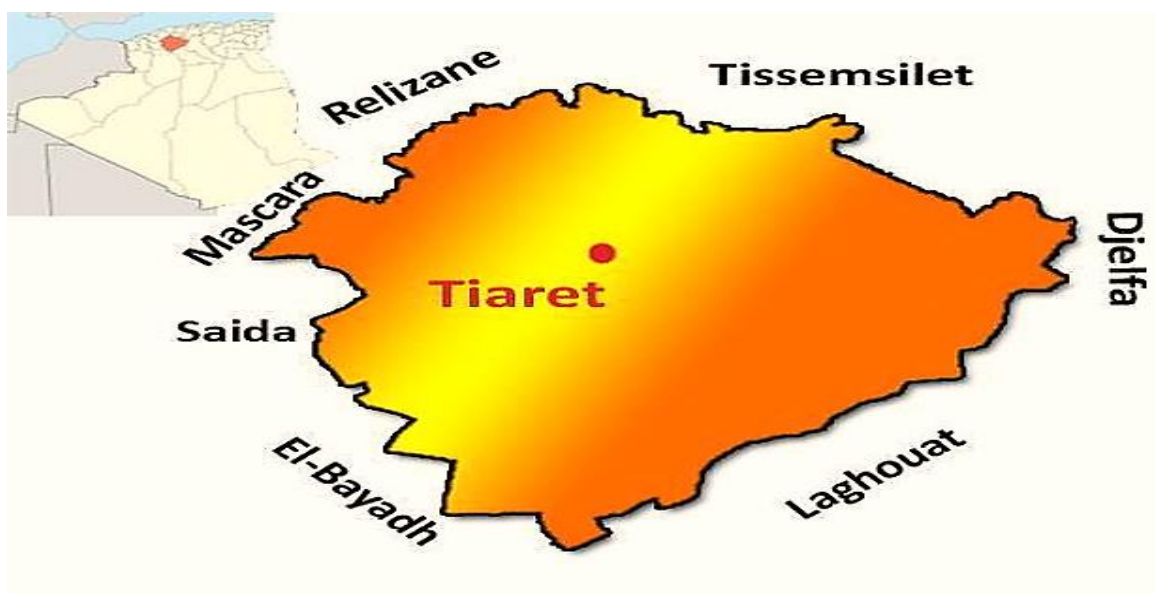


Figure I.1. Situation Géographiques de la Wilaya de Tiaret

1.1.1.2 SITUATION DEMOGRAPHIQUE :

La population totale de la wilaya est estimée à **902.672 habitants (2012)**, soit une densité de **45 habitants par Km²**.

- Population Active : **273 129 hab.**
- Population Occupée : **247 834 hab.**

1.1.1.3 SITUATION CLIMATIQUE :

La région de Tiaret est caractérisée par un climat continental à hiver froid et humide et un été chaud et sec avec une température moyenne de **15,3°C**, et la pluviométrie moyenne annuelle est de **360mm**. La gelée oscille **14 jours** durant toute la saison froide avec un maximum en décembre et en janvier. Les vents dominants sont ceux d'une direction Nord-Ouest et atteignent une vitesse de **13,2 à 14,9 m/s**.

	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
Pluviométrie Moy (mm)	47,1	38,2	35,8	37,9	32,9	10,8	5,6	14,7	28,6	34,5	38,2	360,2	360,3
Température Moy (°C)	5,7	7	10,1	12,2	17,5	22,4	26,2	27,2	21,5	16,9	10	6,7	15,3
Température min (°C)	1,8	-1	3,4	5	9,4	13,9	18	18,3	14,4	10,6	5	2,3	
Température Max (°C)	11,3	13,3	17	19,4	25,5	31,8	36,2	35,7	30	24	16	12	
Vitesse du Vent (m/s)	4,8	5,2	5,1	5	4,1	4,1	3,7	3,6	3,8	4	4,2	4,5	
Humidité (%)	82	79	73	70	63	49	40	42	57	65	76	80	
Gelée (j)	12	9	4	3	1	0	0	0	0	0	2	8	39(j)

Tableau I.1. Variation Climatique dans la Wilaya de Tiaret (Données Moyennes sur 20ans ; Station Météorologique de Ain Bouchekif, 1986-2006)

1.1.1.4 SITUATION HYDROLOGIQUE:

La région de Tiaret est dotée d'importantes potentialités en matière de structures des ressources hydriques superficielles et souterraines et compte 225 forages dont 162 forages pour l'AEP et 63 forages pour l'irrigation, 2.297 puits et 31 sources. Soit le tableau recapitulatif des ressources hydriques superficielles et souterraines.

RESSOURCES HYDRIQUES		CAPACITE TOTALE
Superficielles en Exploitation	• (3) Barrages (Bekhedda, Bouguerra, Dahmouni)	100 hm ³ et un volume régularisé de 61 hm ³ /ans
	• (17) Retenues Collinaires	11,40 hm ³
	• (3) Bassins Versants Drainants (Oued Mina, Nahr Ouassel, Tiguiguest, Oued Tlilate et son prolongement Oued Temda)	
Souterraines	• La nappe de l'ensemble du Barrémien (Albien et les calcaires du Turonien)	
	• La nappe des dolomies Kimméridgien	
	• La nappe du Moi-plio-quadernaire	
	• La nappe de l'ensemble marno-gréseux attribué au Miocène	

Tableau I.2. Ressources Hydriques Superficielles Et Souterraines

1.1.1.5 SITUATION HYDROGEOLOGIQUE :

Zones	Description
Nord	<ul style="list-style-type: none"> Cette région (où se situe notre projet) comporte des terrains fortement plissés ou charriés, formant des reliefs très accentués et profondément découpés par l'érosion.
Sud	<ul style="list-style-type: none"> Elle est caractérisée par un relief modéré et un aspect ondulé de l'altitude moyenne de 900 à 1.000m.
Est	<ul style="list-style-type: none"> Dans cette zone, il existe une nappe phréatique dont le remplissage est continental mio-plioquaternaire.
Ouest	<ul style="list-style-type: none"> Elle comporte les bassins de l'Oued Taht, l'Oued Abd et le versant Nord du Chott Chergui. Les terrains aquifères de cette zone sont les dolomies et les calcaires du Jurassique moyen et inférieur.

Tableau I.3. Hydrogéologie de la Région de Tiaret**1.1.1.6 TRANSPORTS ET INFRASTRUCTURES :**

	Réseau	Longueurs (km)
Routier	Routes Nationales (RN)	657
	Chemins de Wilaya (CW)	770
	Chemins Communaux (CC)	1 135
Aéroportuaire	Un (1) situé à AIN BOUCHEKIF à 15 Km au nord du Chef-lieu de la wilaya	
Chemin de Fer	Une Voie ferrée existante et une Voie ferrée Projetée Tissemsilt-Saïda	

Tableau I.4. Infrastructures de Communication**1.1.1.7 MINES ET INDUSTRIES :**

Le secteur des mines et industrie dans la wilaya de Tiaret est relativement développé. La région de Tiaret dispose de potentielles ressources en Argile, pierre pour constructions, tuf, Ciment, liants- calcaires, gypse et Anhydrites, sable quartzeux et de construction, pierre de taille. Hormis l'activité minière dans cette région, il y existe de grandes activités industrielles notables à savoir : Briqueterie, industrie travaux publics, transformation métallique, transformation du blé dur, textiles, industries plastiques, Agro-alimentaire, fonderie, industrie électronique. Usine de montage de véhicules tous terrains sur le site industriel d'Ain Bouchekif en cours de réalisation.

1.1.1.8 SANTE ET TOURISME :

L'offre de soin dans la région concernée par le projet est non négligeable même si elle reste loin pour satisfaire l'importance des besoins des populations et recèle de nombreuses potentialités touristiques diverses dont notamment. On recense au total pour les deux cas :

Potentialités Sanitaire et Touristiques	Description
Santé Publique	<ul style="list-style-type: none"> 06 Hôpitaux, 20 Centres de Santé, 122 Salles de Soins, 14 Maternités dont 01 urbaine, 13 Polycliniques et 02 Cliniques privées
Tourisme	<ul style="list-style-type: none"> 09 Hôtels dont 03 Hôtels classés, 03 Agences Touristiques Privées, 05 Sites Touristiques, 01 Station Thermale (Hammam Serguine), 01 Parc d'Attraction et 01 Centre Équestre

Tableau I.5. Potentialités Sanitaires et Touristiques

1.1.2 PRESENTATION DU PROJET :**1.1.2.1 CADRE DE L'ÉTUDE :**

Notre Projet de Liaison-Autoroutière (Tiaret-Relizane) traversant les régions de : « **Mellakou (RN14) ; Tagdempt (CW11) ; Machraa SFA(CW02) ; Rahouia (RN91) et Oued Essalem (RN23) afin de rejoindre la Willaya de Relizane** », consiste à faire « **l' Etude en Avant-Projet Sommaire (APS) et en Avant-Projet détaillé (APD) commençant du PK30+000 jusqu'au PK35+000 à partir de l'intersection avec la RN14 sur un linéaire de 5km** ».

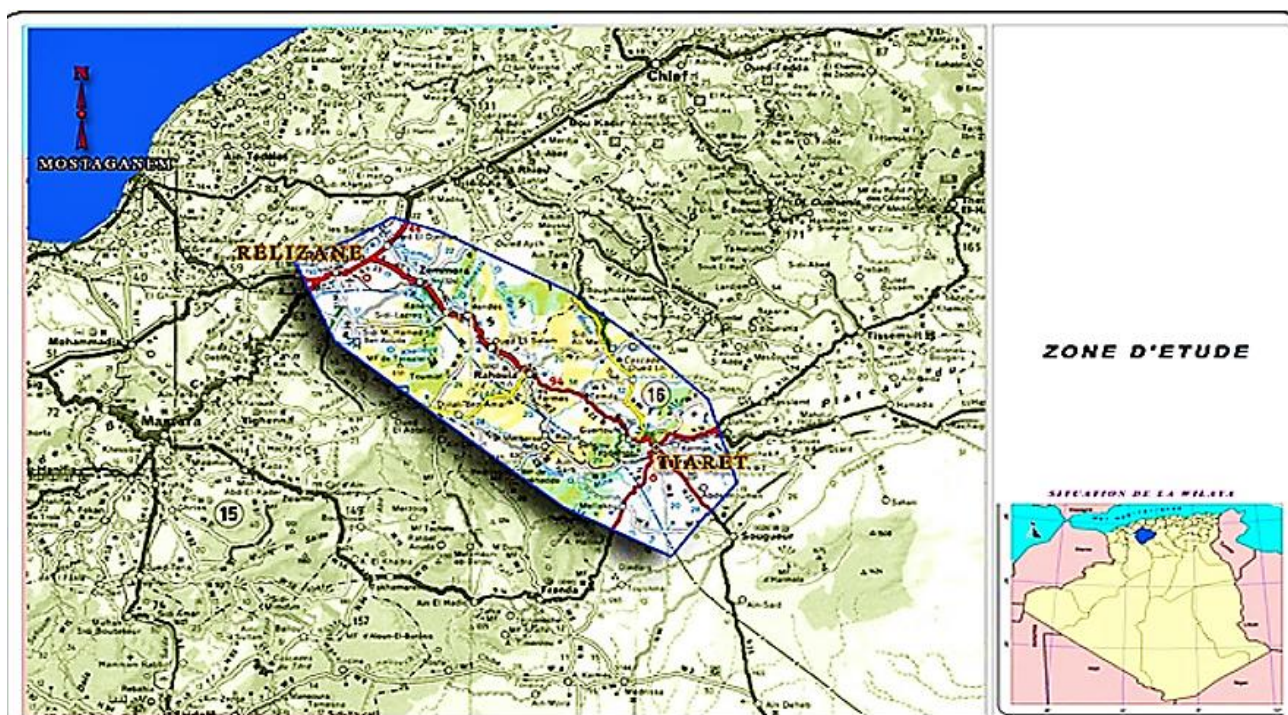


Figure I.2. Cadre de L'Etude

1.1.2.2 OBJECTIF DU PROJET :

L'objectif global de notre projet est faire une « Etude d'Avant-Projet Sommaire (APS) et d'Avant-Projet détaillé (APD) reliant Tiaret à Relizane sur un tronçon de 5 Km ». L'objectif spécifique de ce projet d'infrastructure est de renforcer les économies régionales et les potentialités touristiques des régions concernées, il est destiné à :

- Améliorer les conditions de desserte locale et par suite le cadre de vie des habitants ;
- Répondre aux besoins ressentis actuellement et anticiper les besoins d'avenirs ;
- Améliorer la fluidité du trafic et la sécurité des usagers ;
- Limiter les encombrements sur les routes et le coût de l'énergie supportée par les automobilistes ;
- Réduire la congestion et les temps de déplacement pour le conducteur.

CHAPITRE II : ETUDES DE PHASES EN AMONT DU PROJET

2.1 CONCERTATION EN AMONT DU PROJET :

2.1.1 DEBATS PREALABLES :

L'objectif de ce débat est la mise au point d'un cahier des charges qui servira de cadre pour les études préliminaires, étape suivante de la conception du projet. Le cahier des charges issu du débat sera approuvé par le ministre des Travaux Publics.

D'un point de vue environnemental, les conclusions du débat préalable demandent l'évitement, dans la mesure du possible des secteurs naturels sensibles :

- Périmètre de protection des captages et des plans d'eau existants ou projetés pour l'alimentation en eau et les boisements principaux,
- Abords de monuments historiques et les sites classés et inscrits,
- la préservation des zones urbanisées (les populations rurales doivent, quant à elles, être aussi peu perturbées que possible par l'irruption des véhicules).

Les études des contraintes qui permettront d'affiner le trait constituent l'étape suivante du projet : **Les Études Préliminaires.**

2.1.2 ÉTUDES PRELIMINAIRES :

A partir du cahier des charges établi par le débat préalable ainsi que l'aire d'étude arrêtée, les études préliminaires pour notre projet d'autoroute Tiaret-Relizane sont menées par (**SEATI**), en liaison avec les services déconcentrés de l'État, pour évaluer le projet au regard des enjeux suivants :

- Technique (Matériel Roulant) ;
- Contraintes naturelles (Géologiques, Géotechnique, Hydraulique) ;
- Impacts environnementaux ;
- Impacts sur le milieu humain (Bâti, Activités Industrielle, Agricole) ;
- Possibilité de phasage ;
- Coût, rentabilité socio-économique et financière.

2.1.3 UNE DECISION MINISTERIELLE :

- Dossier définitif d'études préliminaires est transmis au Ministère en charge de l'Équipement ;
- Approbation des études préliminaires par décision ministérielle ;
- Fixation d'un fuseau d'études de 1000 mètres.

2.1.4 ÉTUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE (APS) :

L'objectif de l'APS est la définition d'un tracé constituant le meilleur compromis entre :

- Les contraintes technico-économiques et
- Le respect des environnements naturels et humains.

Cette définition du tracé suit les trois phases habituelles d'étude, de consultation et de décision. A ce niveau d'étude, les objectifs principaux sont :

- Préciser les fonctions locales de l'aménagement ;
- Définir des possibilités différentes de tracé ;
- Comparer ces possibilités différentes, que l'on qualifiera de variantes, au regard des objectifs de l'aménagement (continuité ou renforcement d'axe, problèmes de circulation interne, de transit ou échanges) mais aussi au regard des contraintes à prendre en compte (milieu physique, milieu naturel, milieu humain, patrimoine et paysage) ;
- Choisir une variante ;
- Définir son coût et objectif.

Finalement après une analyse multicritère, une seule variante sera retenue pour entamer la phase d'Avant-Projet Détaillée (APD).

2.1.5 PRESENTATION DES VARIANTES ET CONTRAINTES :

Dans cette phase, nous allons étudier trois (03) variantes potentielles proposées afin de trouver la meilleure solution adoptée pour la réalisation de notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane.

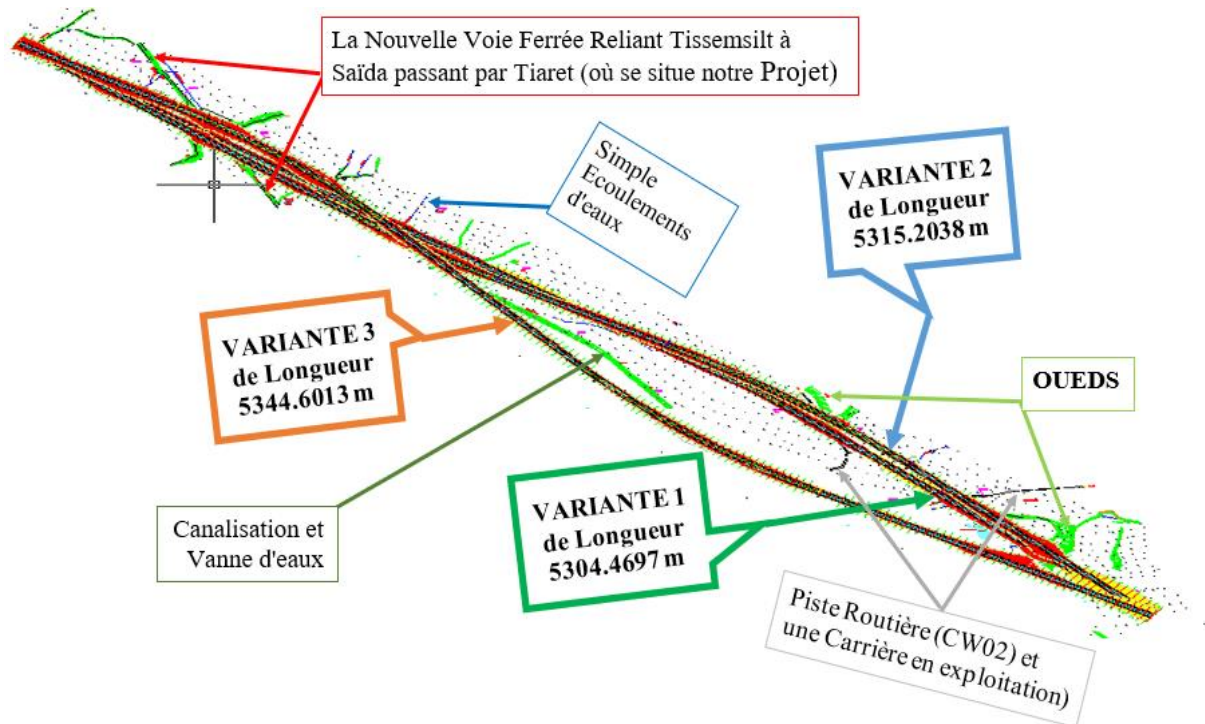


Figure II.1. Présentation des trois (3) Variantes et Contraintes de notre Projet

2.1.5.1 1-ERE VARIANTE :

Cette variante est de longueur de **5304.4697 (mètres)** et commence du **(PK30+000 et se termine au PK35+000)**, elle traverse un Relief – Plat et évite certaines contraintes (Conduite et Vanne d’Eaux, Habitations et Ferme BELHADJI BELALIA), elle traverse en grande parties des Terrains Agricoles et les écoulements d’eaux le long du tracé. Elle franchit : des lignes électriques et Balise à Gaz, le chemin de willaya (CW02), la nouvelle voie ferrée reliant « Tissemsilt à Saïda passant par Tiaret » vers la fin du tracé et une **carrière** qui vas nous être très utile en temps pour ravitailler le chantier en matériaux pour la mise en œuvre des différentes couches de chaussée de notre autoroute. (Voir la figure.II.1).

2.1.5.2 2-EME VARIANTE :

Cette variante est de longueur de **5315.2038 (mètres)** et elle commence au point de départ que celle de la première. Elle traverse un Relief – Plat et évite les mêmes contraintes que celles de la première variante. Elle traverse elle traverse en grande parties des Terrains Agricoles et les écoulements d’eaux le long du tracé. Elle franchit évidemment les mêmes contraintes et se termine au même point, que la première variante.

2.1.5.3 3 -EME VARIANTE :

Cette variante de longueur de **5344.6013 (mètres)** est un peu particulière par rapport aux deux premières et essaye d'éviter la circonférence des terrains agricoles et contourne l'Habitations et Ferme BELHADJI BELALIA. Elle franchit : la canalisation et vanne d'eau la nouvelle voie ferrée reliant « Tissemsilt à Saïda passant par Tiaret » vers la fin du tracé et une **carrière** et se termine au même point que la première et deuxième variante. (Voir la figure.II.1).

2.1.5.4 ANALYSES MULTICRITERES ENTRE LES TROIS (3) VARIANTES :

L'avantage de l'analyse multicritères c'est de permettre de décrire les enjeux du projet et constitue un outil permettant de révéler des préférences selon un certain nombre de critères.

Cette analyse permettra d'estimer l'intérêt global de cet axe et d'éclairer le choix entre les variantes du tracé définies au regard des critères retenus. Ces derniers seront affectés d'un coefficient de pondération traduisant l'importance et le poids accordé à chacun d'entre eux. A travers ces coefficients, le maître d'ouvrage accordera l'importance qu'il juge au bienfondé de sa démarche, le décideur quant à lui disposera au final d'un outil où l'importance accordée à ces coefficients de son point de vue lui permettra de faire son appréciation propre et de tester la fiabilité des résultats finaux.

Variantes	Var 1	Var 2	Var 3	Évaluation			
				V1	V2	V3	
Volumes de Déblai (m ³)	973.972	724.654	409.713	-	-	+	
Volumes de Remblai (m ³)	1.023.044	1.771.921	2.136.475	+	+	-	
Volumes de décapage (m ³) Sur 15cm	36.397,174	40.204,761	41.138,680	+	-	-	
Longueur totale (m)	5.304,4697	5.315,2038	5.344,6013	+	-	-	
Déclivité max ± (%)	8,22 > 5%	12,09 > 5%	2.23	-	-	+	
Nombres d'angles rentrants	05	03	01	-	-	+	
Nombres d'angles sortants	05	04	01	-	-	+	
Nombres d'ouvrages hydrauliques existants	09	10	07	-	-	+	
Nombres d'ouvrages hydrauliques	Buses	03	05	03	+	-	+
	Dalots	03	02	03	-	+	-
Nombres d'ouvrages d'art	Ponts	03	03	01	-	-	+
Nombres de virages en plan	02	02	02	+	+	+	
Coordination en T.P en L. P	Respectée	Respectée	Respectée	+	+	+	
Pentes Maximums	Non Respectée	Non Respectée	Respectée	-	-	+	
				06	04	10	

Tableau II.1. Analyses Multicritères entre les trois (3) Variantes Proposées

AVEC :

+ : Favorable.

- : Défavorable.

2.1.5.5 CONCLUSION :

D'après l'analyse comparative des trois (3) variantes, la réalisation de la **VARIANTE V3** présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses et est donc recommandées.

2.1.6 PRESENTATION ET COMMENTAIRES DE LA VARIANTE V3 RETENUE :

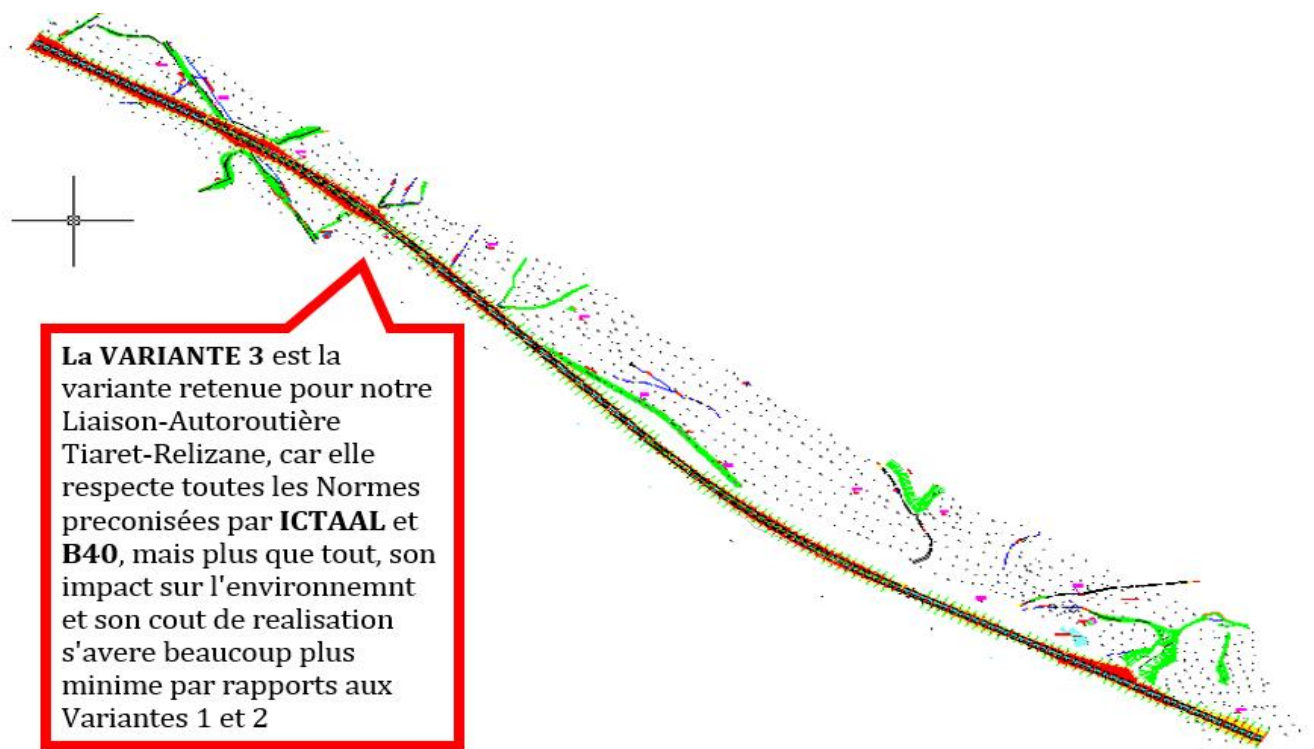


Figure II.2. VARIANTE V3 retenue

✓ CHAPITRE III : ETUDES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :**3.1 INTRODUCTION :**

Au-delà de l'apport en capitaux que requiert notre projet d'autoroute reliant Tiaret-Relizane et ses effets positifs sur l'essor de développement socio-économique et environnementaux des régions traversées, sa réalisation entrainera des impacts péjoratifs qui devront être pris en compte afin de les évaluer et de les atténuer dans la mesure du possible vis-à-vis de l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (Physique, Naturel et Socio-économique).

3.2 OBJECTIFS :

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de l'autoroute dans l'environnement, et favorise la valorisation mutuelle de l'autoroute et de l'environnement ;
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur ;
- Limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de l'autoroute.

3.3 LES IMPACTS POSITIFS :

- Les routes constituent une épine dorsale dans le processus du développement économique d'un pays. Elles sont pour une économie les infrastructures de base pour le démarrage du processus de la croissance économique du fait qu'elles jouent un rôle important dans le sentier du développement en établissant d'une part les liaisons entre les régions productrices et celles qui ne le sont pas, et d'autre part, entre le pouvoir central, les pouvoirs provinciaux et les entités décentralisées.
- Soulager la (RN23, RN14, RN91) et les chemins de wilaya (CW02 et CW11), en créant un évitement qui présente de meilleures caractéristiques géométriques moins accidentelles impliquant sûrement l'amélioration de la sécurité routière et des conditions de circulation ;
- Amélioration en gain de temps pour les usagers qui implique un dynamique fonctionnel de l'activité économique régionale ;
- La réduction des coûts d'exploitation des véhicules car la qualité de

l'infrastructure répond aux normes internationales et dans ce sens les véhicules restent en bon état.

- La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).

3.4 LES IMPACTS NEGATIFS :

3.4.1 IMPACTS SUR LES MILIEUX PHYSIQUES :

3.4.1.1 IMPACTS SUR LE SOL :

Le soulagement des Routes Nationales (RN23, RN14, RN91), et les Chemins des Villages (CW02, CW11) traversés par notre projet d'Autoroute obligera le maître d'ouvrage à procéder au dégagement de certains terrains et bâtis (Fermes, Habitation et Agricoles occupant d'ailleurs en grande partie la superficie de notre projet). Les travaux autoroutiers nécessitent un déplacement de différents types d'engins qui pourront être la cause d'une éventuelle pollution par le biais d'infiltration des produits toxiques dans le sol, du fait de :

- Déversement accidentel des huiles des véhicules du chantier.
- Stockage de produits toxiques.
- Déversement accidentel des quantités importantes de produits chimiques tels que l'asphalte et le bitume.
- Lavage de citerne des bétonnières et des engins de transport (Camions à Bennes,).
- Érosion : L'élimination de la végétation dans les terrains contigus du tracé, qui seront au bord de la chaussée projetée provoquera une érosion si le talus n'est pas bien protégé.
- Glissement de Terrain : généralement dus au dépôt des terres excavées

3.4.1.2 IMPACTS SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES :

La phase de réalisation ou de construction d'un projet peut être à l'origine de plusieurs impacts sur les cours d'eau et les nappes phréatiques, notamment pendant les travaux.

La zone en étude est caractérisée principalement par la présence d'oued (Oued Mina), des canalisations et des Vannes d'eau d'une façon adjacente avec le tracé de la nouvelle autoroute. Les travaux de cette dernière se croisent avec le lit du cours d'eau dans plusieurs points provoquant ainsi des effets négatifs sur le plan hydrologique (la modification des écoulements ainsi que la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique).

3.4.1.3 IMPACTS SUR L'ATMOSPHERE :

La nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées. La déforestation, le déboisement et le débroussaillage pour l'installation des chantiers et l'ouverture des nouvelles pistes, augmentent les particules en suspensions dans l'air. En plus, la circulation lente de façon continue des engins et machineries lourdes polluent énormément l'atmosphère que ce soit, par l'émission des gaz à effet de serre provenant de la combustion du carburant, ou par les poussières provenant des quantités de sable qu'elles transportent.

3.4.2 L'IMPACT SUR LE MILIEU NATUREL :

3.4.2.1 L'IMPACT SUR LE PAYSAGE :

Malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site, les travaux réalisés tout au long du tracé de l'autoroute provoquera une grande altération de la valeur paysagère du territoire l'acquisition des terrains et leur conversion en zones auxiliaires de chantiers, la présence et la circulation des camions et de machineries et les ouvrages qui peuvent être aperçue à une grande distance, donnent au paysage une forme anthropique.

La réalisation de remblais, des déblais, les emprunts et les digues d'une façon temporaire ou définitive est considérée comme un impact négatif très important sur le paysage traversé par l'infrastructure.

Les impacts négatifs du projet comme la déforestation et la modification de l'occupation du sol participeront à la détérioration du paysage qui perdras son aspect naturel.

3.4.2.2 IMPACTS SUR LA FAUNE :

Lors de la construction de l'Autoroute Tiaret-Relizane, les biotopes sont définitivement détruits ainsi elles constituent des obstacles pour les animaux. La construction de route provoque la fragmentation de l'habitat. Cet impact est considéré comme le plus grand impact négatif sur la nature, parce qu'elles affectent plusieurs types d'habitat et exercent une influence à différentes échelles.

Les effets résultants de la construction sont principalement la dégradation d'habitat qui provoque par suite la perte de la faune, source des accidents dus à la collision des usagers de la route avec les animaux.

3.4.2.3 IMPACTS SUR LA FLORE :

La végétation de la zone d'étude subira une dégradation accrue à cause des travaux de la future autoroute (débroussaillage, l'abattage des arbres). De grande étendue de couvertures végétales (forêt, maquis...etc.) seront éliminées, réduites et fractionnée par les variantes (viaducs, ponts,) projetée tout au long de la région.

Un autre type de pollution qui affecte la végétation non éliminée, il s'agit d'une pollution atmosphérique générée par les travaux ou la circulation des engins et des machineries influençant négativement la végétation proche des sites de chantiers. Des couches de poussière sont installées sur les arbres et les arbustes et donc la perturbation de la photosynthèse, de la respiration et de la transpiration ainsi que l'affection de la composition et de l'abondance des espèces floristiques.

3.4.3 IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES :

3.4.3.1 IMPACTS ACOUSTIQUES :

Les impacts du bruit du chantier et les mines utilisé pour démolir les reliefs sur les humains sont nombreux. A certains niveau sonores ces impacts peuvent être importants surtout chez les personnes sensibles (malades, enfants, personnes âgées, femmes enceintes).

3.4.3.2 LA SECURITE DES RIVERAINS :

Les travaux de construction de la pénétrante autoroutière seront à l'origine de circulation d'engins de chantiers et de camions, ces déplacements pourront avoir des impacts négatifs sur les commodités de voisinage.

Pendant les travaux, la circulation des engins et de tout type de véhicule de chantier (notamment les camions) sur le réseau routier local entrainera provisoirement une augmentation du trafic dans la région concernée, cette augmentation est susceptible d'accroître la gêne et le taux d'accidents de la circulation sur les routes, particulièrement à proximité des accès des chantiers proche des routes principales (RN23, RN14, RN91). Ainsi sur les routes secondaires ou les chemins de Willaya (CW02 et CW11)) puisqu'il n'y a pas une séparation entre le chantier et les chemins de wilaya.

3.4.4 IMPACT SUR LE RESEAU ROUTIER ET LES RESEAUX DIVERS :

3.4.4.1 IMPACTS SUR LE RESEAU ROUTIER :

L'utilisation du réseau routier publique est souvent réalisée selon des critères approximatifs et superficiels. La signalisation routière de chantier, horizontale et verticale, est presque absente, et les éléments de dissuasion pour limiter/ralentir la viabilité usuelle manque.

3.4.4.2 IMPACTS SUR LE RESEAU DIVERS :

Des réseaux (gazoducs, conduite d'eau, les balises à gaz et canalisations) présents dans le sous-sol et sur surface, tout le long du tracé du projet peuvent être touché par les travaux du chantier et des réseaux électriques aériens également présents à proximité du tracé de l'autoroute seront aussi exposer.

3.4.5 TABLEAU RECAPITULATIFS DES IMPACTS NEGATIFS :

NATURE	IMPACTS NEGATIFS
Sols	<ul style="list-style-type: none"> Érosion sur sites des bases de vie et talus du tracé.
Acoustique (Bruit)	<ul style="list-style-type: none"> Présentation des problèmes des difficultés de sommeil due à l'augmentation du niveau sonore tout le long de l'axe autoroutier, notamment dans les agglomérations adjacentes.
Atmosphère	<ul style="list-style-type: none"> Inhalation de poussières et de polluants dans le système respiratoire de l'homme et des animaux.
Milieu hydrique	<ul style="list-style-type: none"> Pollution et envasement des oueds. Colmatage des berges et des bassins.
Faune	<ul style="list-style-type: none"> Dérangement temporaire. Destruction des nids et gîtes des oiseaux. Perturbation des parcours et passage des animaux.
Flore	<ul style="list-style-type: none"> Blessure des végétaux. Réduction de la photosynthèse. Coupure des racines souterraines. Asphyxie des arbres.
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> Suppression des terrains situé à l'emprise de l'autoroute ce qui va entrainer une désaffectation des terres agricoles. Les exploitations agricoles qui sont au bord de l'axe autoroutier vont subir une pollution par les particules en suspensions et les métaux lourds (plomb) émis par les gaz d'échappement des véhicules.
Réseaux divers	<ul style="list-style-type: none"> Impacts sur les infrastructures des réseaux de communications et des réseaux divers.

Tableau III.1. Récapitulatifs des impacts négatifs

3.4.6 LES RECOMMANDATIONS ENVIRONNEMENTALES POUR MINIMISER LES IMPACTS NEGATIFS :

Pour minimiser les impacts négatifs sur les milieux naturels sensibles, les infrastructures seront réalisées dans le respect des normes de gestion de rejets polluants dans le milieu. Le stockage et l'entretien du matériel de chantier seront réalisés sur les aires étanches, situé en dehors de la zone inondable, avec récupération et traitement des eaux avant rejets. Le tableau qui va suivre va résumer tous les impacts et leurs remèdes.

IMPACTS	REMEDES AUX IMPACTS NEGATIFS
Sols	<ul style="list-style-type: none"> • Récupérer et évacuer les produits chimiques dangereux déverser au sol vers un dépôt définitif pour leur traitement ou disposition. • Exécuter sous surveillance constante la manipulation de carburant, d'huile, d'autre produits pétroliers ou de matière dangereuse y compris les déchets dangereux afin d'éviter les déversements accidentels. • Installation des bassins de rétention des déchets pour recueillir les huiles de vidange des engins vers le recyclage.
Atmosphère	<ul style="list-style-type: none"> • Par temps sec, utiliser un abat poussière pour les voies d'accès à la zone des travaux qui sont sur fondation granulaire. • Utiliser une machinerie en bon état de fonctionnement.
Bruit	<ul style="list-style-type: none"> • Buttes antibruit • Réduction de la vitesse • Baisse des pentes • Murs antibruit ou Mur vertical : c'est un dispositif mis en face du bâti qui se trouve à proximité de l'autoroute.
Faune et Flore	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement des Passages inférieurs et Supérieurs pour les animaux • Protection des sols contre l'érosion • Restauration des paysages (intégration de l'autoroute dans le milieu naturel)
Milieu hydrique	<ul style="list-style-type: none"> • Étanchéification des fossés • Étanchéification de la plateforme • Construction des bassins de traitement des eaux
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Rétablissement des eaux d'irrigation et de drainage.
Paysage	<ul style="list-style-type: none"> • Plantation des abords et aménagements esthétiques des talus (végétalisation). • Traitement architectural des ouvrages d'art du tracé • Déterminer un site d'entreposage des matériaux granulaires éloigné des résidences et de commerce.

Tableau III.2. Récapitulatifs des remèdes aux impacts négatifs

CHAPITRE IV : ETUDES DU TRAFIC :

4.1 INTRODUCTION :

La réalisation de n'importe quel produit commence par l'étude de la demande, l'analyse de besoins ou l'étude de marché.

En matière de l'infrastructure routière, l'étude de la demande se fait par l'étude des besoins en déplacements. Cette étude est souvent délicate, et qui fait appel à des théories récentes et complexes. Elle est basée avant tout sur l'observation du trafic actuel, afin de déterminer une précision sur le trafic du futur.

L'étude du trafic est une étape essentielle, et représente la phase fondamentale lors de la conception et étude d'un projet routier.

Le trafic routier est l'ensemble des véhicules légers et lourds, qui passent pendant une unité de temps à travers une section de la route, et qui influent notamment sur la structure de la chaussée.

Ces études l'intitulent de déterminer non seulement la classe du trafic en se basant sur des recensements qui sont obtenues à partir du comptage : « manuel, automatique, directionnel ou à partir des enquêtes, mais aussi de définir le type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échange et aussi le dimensionnement de la chaussée) ».

4.2 VOCABULAIRE DE TRAFICS :

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- **Trafic de Transit** : origine et destination en dehors de la zone étudié (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- **Trafic d'Echange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic Local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A)** : égal au trafic total de l'année divisé par 365 jours.
- **Unité de véhicule particulier (u.v.p)** : exprime par jour ou par heure, les poids lourds en leur affectant un multiplicateur.
- **Le Trafic Journalier Moyen d'Eté** : important pour les régions estivales.

- **Trafic de Mise en Service (T) :** C'est un trafic exprimé par jours ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particuliers, le Poids Lourds (**PL**), en leurs affectant un coefficient multiplicateur : « Les trafics aux heures de pointes avec les Heures de Pointes du Matin (**HPM**) et les Heures de Pointes du Soir (**HPS**) ».
- **Le trafic Journalier Moyen d'été** important pour les régions estivales.

4.3 ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS :

Afin de connaître le nombre de véhicules (le volume) et leurs natures (véhicule légers ou véhicules lourds) en un point et à un instant donné, il est nécessaire de procéder à un comptage tout en nécessitant une organisation appropriée. Diverses méthodes permettent de recueillir des informations sur le trafic ; les plus utilisées sont classées en deux catégories :

Celles qui permettent de quantifier le trafic :

- Les Comptages sur les Routes Manuels.
- Les Comptages sur les Routes Automatiques.

Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs :

- Les Enquêtes de Circulation Simplifiées :
 - ✓ Enquêtes par relevé minéralogique ;
 - ✓ Enquêtes par cartes ;
 - ✓ Enquêtes papillons.
- Les Enquêtes Complètes :
 - ✓ Enquêtes par interview le long des routes ;
 - ✓ Enquêtes par interview à domicile ou enquêtes ménages.

4.4 TYPES DU TRAFIC :

- **Trafic Normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- **Trafic Dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination. La dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.
- **Trafic Induit :** C'est le nouveau trafic attiré suite à l'amélioration du niveau de service de la route aménagée.

- **Trafic Total** : C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

4.5 DETERMINATION DE L'ENVIRONNEMENT DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

La classe d'environnement est caractérisée par deux indications :

- La Dénivelée Cumulée Moyenne au Kilomètre (**H/L**).
- La sinuosité (**Ls/L**).

4.5.1 LA DENIVELEE CUMULEE MOYENNE :

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total **H** à la longueur total de l'itinéraire **L** permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

$$\text{Variation longitudinale du Relief (\%)} = \frac{H}{L} = \frac{\text{Alt}_{\max} - \text{Alt}_{\min}}{L} \times 100$$

- **Alt_{max}** : Altitude maximale ;
- **Alt_{min}** : Altitude minimale ;
- **L** : Longueur total de notre tronçon.

4.5.2 LA SINUOSITE :

La sinuosité (δ) d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse **L_S** sur le total de l'itinéraire.

$$\delta = L_S (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200m) / L_{\text{totale}}$$

Remarque :

Cette définition est utile pour classer les routes ordinaires, dont la vitesse de référence est généralement modeste. Elle est sans intérêt pour les autoroutes, dont les rayons en plan sont toujours **LARGEMENT SUPÉRIEURS À CETTE VALEUR**.

4.5.3 CONCLUSION :

Relief \ Sinuosité	Faible ($\delta < 0.1$)	Moy ($0.1 < \delta < 0.3$)	Forte ($\delta > 0.3$)
Plat ($\frac{H}{L} < 1.5\%$)	E1	E2	-
Vallonné ($1.5\% < \frac{H}{L} < 4\%$)	E2	E2	E3
Montagneux ($\frac{H}{L} > 4\%$)	-	E3	E3

Tableau IV.1. Environnement de la Route

4.5.4 APPLICATION AU PROJET :

Variantes	Dénivelée Cumulée Moyenne ($\frac{H}{L} = \frac{Alt_{max}-Alt_{min}}{L} \times 100$)
1	$((718.394 - 673.192)/(5\ 470.3782)) * 100 = 0.82 \%$
2	$((715.474 - 687.939)/(5428.1401)) * 100 = 0.50 \%$
3	$((712.519 - 673.123)/(5360.8487)) * 100 = 0.73 \%$
4	$((726.798 - 673.192)/(5330.0203)) * 100 = 1.00 \%$.

Tableau IV.2. Application aux Types d'Environnement de la Route

Remarque:

Dans notre cas :

- H/L est Inférieur à **1,5** pour toutes les Variantes proposées, ce qui nous place dans le cas de « **Terrain Plat** ».
- Tous les rayons dépassant **200m** et la longueur sinueuse est nulle (**Ls = 0**), c- à- d le projet à une sinuosité faible.

Donc notre projet d'autoroute Tiaret-Relizane se situe dans un « **Environnement (E1) Terrain plat** ».

4.6 PARAMETRES FONDAMENTAUX :

4.6.1 DETERMINATION DE LA CATEGORIE DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peuvent être classés en cinq (5) catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement sur le territoire.

- 1. Catégorie 1 :** Liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industries lourdes considérées deux à deux ; et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers le réseau de base ci-dessus.
- 2. Catégorie 2 :** Liaisons des pôles d'industries de transformation entre eux ; et liaisons de raccordements des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.
- 3. Catégorie 3 :** Liaisons des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya ; non desservis par le réseau précédent ; avec le réseau de catégorie 1-2.
- 4. Catégorie 4 :** Liaisons des tous les centres de vies qui ne sont pas reliées au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec les chefs-lieux de daïra ; dont ils dépendent ; et avec le réseau précédent.

5. Catégorie 5 : Route et piste non comprise dans la catégorie précédents.

Remarque :

Pour notre Projet, la Route Nationale **RN23** reliant la Willaya de Tiaret à la Willaya de Relizane est dotée de grands centres économiques et des Centres d'Industries qui classe notre projet d'Autoroute dans la **Catégorie 1 (C1)**.

4.7 CAPACITE DE TRAFIC :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peut passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme pendant un temps donné (en général 1/4heure).

La capacité dépend :

- Des conditions de trafic ;
- Des conditions météorologiques;
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire ;
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

4.7.1 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC :

4.7.1.1 TRAFIC MOYEN JOURNALIER (TJMA) HORIZON :

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{TJMAh = TJMAo(1 + \tau)^n}$$

- **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMAo** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

4.7.1.2 CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (**u_{vp}**), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les **PL** en (**u_{vp}**). Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-z) + p \cdot z] \cdot TJMAh}$$

- **Teff** : trafic effectif à l'année horizon en (**uvp**).
- **Z** : pourcentage de poids lourd.
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonnes caractéristiques	2-3 (On prend $p=2.5$)	4-8	6-12
Route étroite ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Tableau IV.3. Coefficient D'équivalence P (Source Norme B40)

4.7.1.3 DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL :

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

$$Q = (1/n) \text{Teff}$$

- **Q** : débit de pointe horaire exprimé en (**uvp/h**) ;
- **n** : nombre d'heure, (en général $n = 8$ heures) donc : $1/n = 0,12$;
- **Teff** : trafic effectif.

4.7.2 ÉVALUATION DE L'OFFRE :

4.7.2.1 DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

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

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité traduisant la différence entre caractéristique réelle et idéales de circulation.
- **C_{th}** : capacité effective du profil en travers peut écouler en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau IV.4. Valeur de K1 (Source Norme B40)

Environnement	Catégories de la Route				
	1	2	3	4	5
E1 : Facile	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2 : Moyen	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3 : Difficile	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Tableau IV.5. Valeur de K2 (Source Norme B40)

Types de Routes	Capacite 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/voies	1500 à 1800 (uvp/h/voie) On prend Cth = 1 800(uvp/h/voie)

Tableau IV.6. Valeur de Cth (Source Norme B40)

4.7.2.2 CALCUL DU NOMBRE DE VOIES :

✓ Cas d'une Chaussée Bidirectionnelle :

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

$$Q_{adm} \geq Q$$

✓ Cas d'une Chaussée Unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport.

$$n = \frac{Q}{Q_{adm}} \times S$$

- S : coefficient de dissymétrie, généralement égal : $S = 2/3$;
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

4.8 APPLICATION AU PROJET :

4.8.1 DONNEES DU TRAFIC :

- Année de comptage effectué en **2015**. (TJMA (2015) = 11 651 v/j/2sens).
- Année de mise en service sera en **2022**.
- Année horizon : **2042**.

- La durée de vie de projet est de **20 ans**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- Le pourcentage de poids lourds $Z = \%PL = 17.6 \%$.
- Catégorie **C1** et Environnement **E1** d'après **B40**.
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : $p = 2.5$.

4.8.2 PROJECTION FUTURE DU TRAFIC :

✚ Calcul du Trafic journalier moyenne à l'horizon $TJMA_h$:

Trafic à l'année de mise en service (2022) :

- $TJMA_{2022} = TJMA_{2015}(1 + \tau)^n = 11\ 651 (1 + 0.04)^7 = 15\ 332 (v/j)$.

$$TJMA_{2022} = 15\ 332 (v/j).$$

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

- $TJMA_{2042} = TJMA_{2023}(1 + \tau)^n = 15\ 332 (1 + 0.04)^{20} = 33\ 595 (v/j)$.

$$TJMA_{2042} = 33\ 595 (v/j).$$

✚ Calcul du trafic effectif :

Année de mise en service (2022) :

- $T_{eff\ 2022} = [(1 - 0.176) + (2.5 \times 0.176)] \times 15\ 332 = 19\ 380 (uvp/j)$.

$$T_{eff\ 2022} = 19\ 380 (uvp/j).$$

Année à l'horizon (2042) pour une durée de 20 ans :

- $T_{eff\ 2042} = [(1 - 0.176) + (2.5 \times 0.176)] \times 33\ 595 = 42\ 465 (uvp/j)$.

$$T_{eff\ 2042} = 42\ 465 (uvp/j).$$

✚ Débit de pointe horaire normale

Année de mise en service (2022) :

- $Q_{2022} = 0.12 \times 19\ 380 = 2\ 326 (uvp/h)$. $Q_{2022} = 2\ 326 (uvp/h)$.

Année à l'horizon (2043) pour une durée de 20 ans :

- $Q_{2042} = 0.12 \times 42\,465 = 5\,096$ (uvp/h). $Q_{2042} = 5\,096$ (uvp/h).

4.8.3 ÉVALUATION DE L'OFFRE :

✚ Débit Admissible :

$$Q_{adm} = K1.K2. Cth$$

- $Q_{adm} = 0,75 \times 1.00 \times 1\,800 = 1\,350$ (uvp/h).

$$Q_{adm} = 1\,350 \text{ (uvp/h).}$$

✚ Nombre de Voies :

- $n = \frac{2 \times 5\,096}{3 \times 1\,350} = 2.51$. Avec $S = 2/3$ (le déséquilibre). D'où : $n = 3$ voies.

✚ Calcul de l'Année de Saturation de 2x3 voies :

- $T_{eff\,2022} = [(1 - 0,176) + (2.5 \times 0,176)] \times 15\,332 = 19\,380$ (uvp/j).
- $Q_{prévisible}(2022) = 0.12 \times T_{eff\,2022} \Rightarrow Q_{prévisible}(2022) = 2\,326$ (uvp /h).
- $Q_{saturations} = 4 \times Q_{adm} \Rightarrow Q_{saturations} = 4 \times 1\,350 = 5\,400$ (uvp/h).
- $Q_{saturations} = (1 + \tau)^N \times Q_{prévisible}(2022) \Rightarrow$
- $N = \frac{\ln(\frac{Q_{saturations}}{Q_{prévisible}})}{\ln(1+\tau)} = \frac{\ln(\frac{5\,400}{2\,326})}{\ln(1+0.04)} = 21.48 \approx 22 \text{ ans} \Rightarrow N = 22 \text{ ans.}$

4.9 CONCLUSION :

Enfin, l'étude de trafic est une tâche nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport voire le développement du pays.

L'étude de trafic impactera directement les caractéristiques de la route à créer ainsi que leur type d'aménagement à réaliser (nombre de voies, type d'échanges et aussi le dimensionnement de la chaussée). Concernant les recensements on a les comptages (Manuels et Automatiques) et les enquêtes (Simplifiées et Complètes).

Ce recensement permettra d'hierarchiser 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.

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

- de transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération ;
- la nature des flux, pour déterminer les points d'échange ;

- le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les investissements ;
- les mouvements directionnels permettent de définir les caractéristiques des échanges ;
- le niveau de trafic poids lourds détermine directement le dimensionnement de la structure de chaussée.

L'étude de trafic se mène en général en cinq étapes:

1. la définition du réseau ;
2. l'analyse des trafics existants ;
3. la détermination des conditions de circulation ;
4. l'évaluation de l'évolution des trafics ;
5. l'affectation des trafics.

Concernant notre cas, Le profil en travers retenu est défini comme suit :

- Chassée Unidirectionnelle.
- Accotement de **2 m** de chaque côté.
- La saturation surviendra **22 ans** après l'année de mise en service soit en **2044**.

$TJMA_{2015}$ (v/j)	$TJMA_{2022}$ (v/j)	$TJMA_{2042}$ (v/j)	$T_{eff_{2042}}$ (uvp/j)	Q_{2042} (uvp/h)	Nombre de voies	Nombre d'années de saturations
11 651	15 332	33 595	42 465	5 096	3	22

Tableau IV.7. Tableau des Résultats du Trafic

✓ **CHAPITRE V : ETUDES GEOMETRIQUES :****5.1 GENERALITES :**

La caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable.

La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique (la liaison entre deux points) en tenant compte des multiples facteurs humains (capacités physiques et psychiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.) en ne perdant pas de vue que les véhicules sont soumis à des forces mécaniques inéluctables et évoluent constamment.

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie, de neiges et de verglances.

L'axe de la route est une conception de l'espace, définit géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- le tracé de son axe en situation ou Tracé en Plan ;
- le tracé de cet axe en élévation ou Profil en Long ;
- le Profil en Travers.

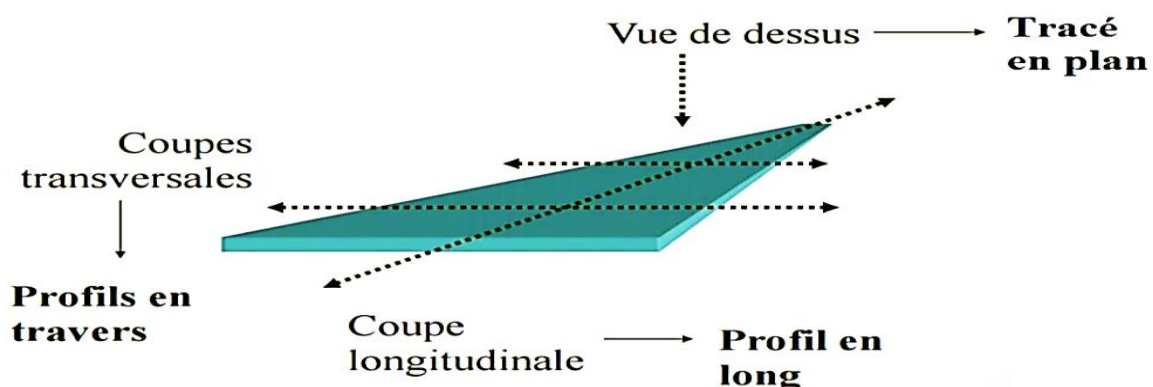


Figure V.1. Les Eléments Géométriques d'une Route

5.2 PARAMETRES FONDAMENTAUX DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

5.2.1 CATEGORIE DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

Dans l'article 1.2, l'ICTAAL propose deux catégories d'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'il implique.
- **Ces catégories L1 et L2** : sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de **130 et 110 km/h**.

Remarque :

Pour la conception de notre liaison autoroutière dans cette « **Région Plaine** », on a considéré la « **Catégorie (L1)** » étant donné les caractéristiques du relief et l'importance stratégique de l'infrastructure.

5.2.2 CRITERES DE CHOIX DES DONNEES DE BASES DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

La vitesse à laquelle se déplacent les véhicules apparaît comme le critère de base de tout projet routier. Elle commande, en fait, les caractéristiques géométriques du tracé selon les directives réglementaires ; celles-ci, en effet, fixent les valeurs limites à respecter et qui se présentent sous forme de maxima et minima entre lesquels les éléments du tracé devront se situer.

5.2.2.1 VITESSE DE REFERENCE :

La vitesse de référence est le critère principal pour la définition des paramètres géométriques d'un itinéraire et pour la corrélation de ses paramètres entre eux et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route et joue un intérêt accru sur le coût du projet, elle dépend de la catégorie et de l'environnement.

5.2.2.2 CHOIX DE LA VITESSE DE REFERENCE :

Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet. Choisir une vitesse de base élevée nécessite un aménagement plus approprié pour faire passer cette vitesse. Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de la route ;

- Importance et genre du trafic (volume, structure) ;
- Topographie (degré de difficulté du terrain);
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

Remarque :

Pour notre projet, nous avons opté pour une vitesse de référence « $V_R = 130 \text{ Km/h}$ », vu que le projet va être implanté dans un « **Environnement Facile (E1)** ».

5.2.3 LE DEVERS :

Pour l'évacuation des eaux pluviales au droit des alignements assurer la stabilité dynamique des véhicules en courbe. La route nécessite un dévers qui est par définition la pente transversale de la chaussée.

5.2.4 COMPORTEMENT DE L'USAGER :**5.2.4.1 LA VISIBILITE :**

Les niveaux élevés de sécurité et de confort impliquent de bonnes conditions de visibilité permettant au conducteur d'anticiper les événements survenant sur l'autoroute.

A) Point d'Observation :

C'est l'œil d'un conducteur de véhicule léger, positionné à une hauteur de **1,00 m** du sol, et distant de **2,00 m** du bord droit de sa voie.

B) Point Observé :

S'agissant d'un véhicule, le point observé est le moins contraignant des deux feux arrière, positionnés à une hauteur de **0,60 m** du sol et distants respectivement de **1,00 m** et **2,50 m** du bord droit de la voie considérée. Les règles de visibilité dans les cas qui suivent, précisent la nature et la position du point observé.

C) Règle de Visibilité :

La distance de visibilité à rechercher est la distance d'arrêt (**da**) sur l'arrière d'un véhicule en marche ou arrêté sur sa voie.

5.2.4.2 DISTANCE D'ARRET :**D'après l'ICTAAL 2000 :**

La distance d'arrêt est composée de la distance de freinage – distance parcourue pendant l'action de freinage qui fait passer la vitesse de V à 0 dans des conditions conventionnelles (état des pneumatiques et chaussée mouillée) – augmentée de la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction (**prise égale à 2 secondes**).

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

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

Le tableau suivant représente les principales distances de visibilité (m) et valeur de la décélération moyenne $\gamma(v)$ en situation de freinage d'urgence, selon la vitesse.

Catégorie de La Route	L1	L2
Vitesse de Reference (V_R)	130	110
Décélération Moy en fraction de g ($\gamma(v)$)	0,32	0,36
Distance d'arrêt en palier ($p=0$)	280	195
Distance de manœuvre en sortie	220	185
Temps de Perception-Réaction	2 s	1,8 à 2s

Tableau V.1. Les Principales Paramètres Cinématiques

5.3 ÉLÉMENTS CONSTITUANTS LA ROUTE :

5.3.1 TRACE EN PLAN :

5.3.1.1 DEFINITION DU TRACE EN PLAN :

Le tracé en plan est une pièce topographique résultant de la reproduction à l'échelle réduite (**1/500 à 1/2000**) d'une projection de la route sur un plan horizontal d'un cylindre, à axe vertical, qui s'appuie sur l'axe réel de la route dans l'espace. Il se décompose en droites, cercles et raccordements à courbure variable si besoin est, entre les droites et les cercles.

5.3.1.2 REGLES A RESPECTER DANS UN TRACE EN PLAN :

le choix de l'Axe en Plan est mené par une succession de droites et de cercles le long de la chaussée existante tout en respectant les points suivants :

- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants ;

- Choisir des Rayons et des Droites qui permettent de se situer au milieu de la Chaussée existante tout en respectant la Norme de conception Géométrique ICTAAL 2000 ;
- Eviter de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et une visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).
- Choisir de Grand Rayon (On peut choisir jusqu'à 200.000 m) ;
- Eviter la démolition des habitation et des monuments Historiques ;
- Eviter les réseau Divers des concessionnaires (Conduites d'eaux Potables, Réseaux d'Eclairages Publics) ;
- Éviter de passer sur des terrains agricoles, zones forestières et les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- Essayer de conserver les Ouvrages d'Art et Hydrauliques dans la limite du possible et cela pour des raisons économiques ;
- Eviter les Courbes Cercles-Cercles avec sens opposés pour éviter les changements de devers sur ces courbes ;
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants ;
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.

5.3.1.3 LES ÉLÉMENTS GEOMETRIQUES DU TRACE EN PLAN :

5.3.1.3.1 Alignements Droits :

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, clothoïdes). Ils serviront éventuellement de raccordement entre 2 cercles.

Pour des raisons de sécurité, et en particulier, atténuer la rigidité du tracé afin d'éviter la monotonie source d'accidents et l'éblouissement par les phares la nuit, il est recommandé par la **Norme B40** d'alterner alignements droits et courbes circulaires : **40 à 60 %** d'alignements droits, et on limite à **30 %** les courbes à courbure progressive telles que les clothoïdes si besoin est.

A titre indicatif pour notre projet, la longueur des alignements à respecter sont les suivantes :

Catégorie de la Route	L1	L2
Vitesse De Reference	130 Km/h	110
Longueur Maximale $L_{max} = (60 \times V_R) / (3,6)$ à $t = 1$ min	2160 m	2000 m
Longueur minimale $L_{min} = (5 \times V_R) / (3,6)$ à $t = 5$ s	181 m	153 m

Tableau V.2. Normes Géométriques pour les longueur d'Alignement selon B40

5.3.1.3.2 Rayon de Courbure en Plan :

Les rayons des cercles de raccordement correspondent d'emblée à une certaine portion du tracé servant à relier deux alignements droits. Ils sont vérifiés et calculés de façon à assurer la sécurité (stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe) dans le respect des normes préconisées par ICTAAL ci-dessous :

Catégorie de la Route	L1	L2
Vitesse de référence (VR)	130km/h	110km/h
Rayon Minimum Normal (RH_N)	1000m	650m
Rayon Minimum Absolu (RH_{min})	650m	450m
Rayon Non Dévers (RH_{nd})	1500m	900m
Clothoïde Minimum Normal (A)	350m	250/225m
Clothoïde Minimum Absolu (A)	275/250m	225/200m
Rayon Minimum Sans Courbe De Transition (R)	3000m	3000m

Tableau V.3. Normes Géométriques pour Rayons de Raccordements selon ICTAAL

5.3.1.3.3 Les Raccordements Progressifs (Clothoïdes) :

Les courbes de rayon inférieur à $1,5 R_{nd}$ ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccordements progressifs (Clothoïdes).

La Clothoïde, c'est une spirale à point asymétrique dont la courbure croît proportionnellement à l'arc, elle a pour équation : $A^2 = L.R$. Ils peuvent, tout comme les arcs de cercle, correspondre d'emblée à une partie du tracé, afin de servir de raccordement entre deux alignements droits, entre deux cercles, entre cercle et alignements droits. Le choix d'une clothoïde doit respecter certaines conditions, telles que les :

- Conditions Optiques,
- Condition de Gauchissement,
- Confort de Dynamique.

Pour assurer ces trois conditions suivantes, il faut d'après la **Norme ICTAAL2000** que la longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs :

$$\{14|\Delta\delta| \text{ et } R/9\}$$

Où :

- **R (en m)** : le rayon de courbure.
- **$\Delta\delta$ (en %)**: la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés. Tel que :

$$|\Delta\delta| = |\delta_1 - \delta_0|$$

- **δ_1** : représente la pente transversale initiale.
- **δ_0** : le divers de la courbe.

Remarque :

Le concepteur doit garder à l'esprit que le choix des petits rayons pour la construction de l'axe en plan engendrera des devers de plus grandes valeurs et des clothoïdes plus longues à calculer et à mettre en place. Il est donc conseiller d'agrandir les valeurs des rayons dans la limite du possible, ceci nous incite à opter pour un « **RAYON** *du projet choisi en plan* = **3.500 metres** » qui s'avère largement suffisant pour faire appel au « **Grands Devers et au Clothoïdes** ».

5.3.1.4 ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

D'après la (**Norme ICTAAL2000**), 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 la condition « **$R_1 \leq 1,5 R_2$** », où **R_1** est le rayon de la première courbe rencontrée et « **$R_2 < 1,5R_{nd}$** » 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 raccords 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.

5.3.1.5 APPLICATION AU PROJET :

1. TRACE EN PLAN DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

Le tracé en plan d'une chaussée permet d'apprécier la vue en plan de l'itinéraire choisi pour le projet. Il s'agit d'implanter une route neuve dans un relief plat. Comme nous l'avons déjà évoqué, le tracé en plan de notre projet a été réalisé conformément aux **Normes ICTAAL** avec une vitesse de référence de **130 (km/h)**.

2. PROCEDURES ET RESULTATS DE LA VARIANTE RETENUE :

Nous allons procéder à la conception du projet à l'aide du logiciel « **AUTOPISTE 2013** » et nous nous proposons de présenter les Résultats de notre Tracé en Plan en Récapitulatifs ci-dessous :

Eléments Caractéristiques de la VARIANTE 3				Points De Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	332.5621 g	1416.641	0.000	7225.800	1973.477
Arc 1	Rayon	-3500.000 m	1132.803	1416.641	5990.462	2666.882
	Centre X	7703.613 m				
	Centre Y	5718.950 m				
Droite 2	Gisement	353.1668 g	1109.295	2549.444	5108.742	3370.196
Arc 2	Rayon	3500.000 m	994.589	3658.739	4364.325	4192.617
	Centre X	1769.454 m				
	Centre Y	1843.864 m				
Droite 3	Gisement	335.0761 g	691.273	4653.328	3601.763	4825.917
				5344.601	3012.787	5187.810
LONGUEUR TOTALE DE L'AXE 5344.601 mètre(s)						

Tableau V.4 Eléments Caractéristiques en Plan de la VARIANTE 3 retenue

✓

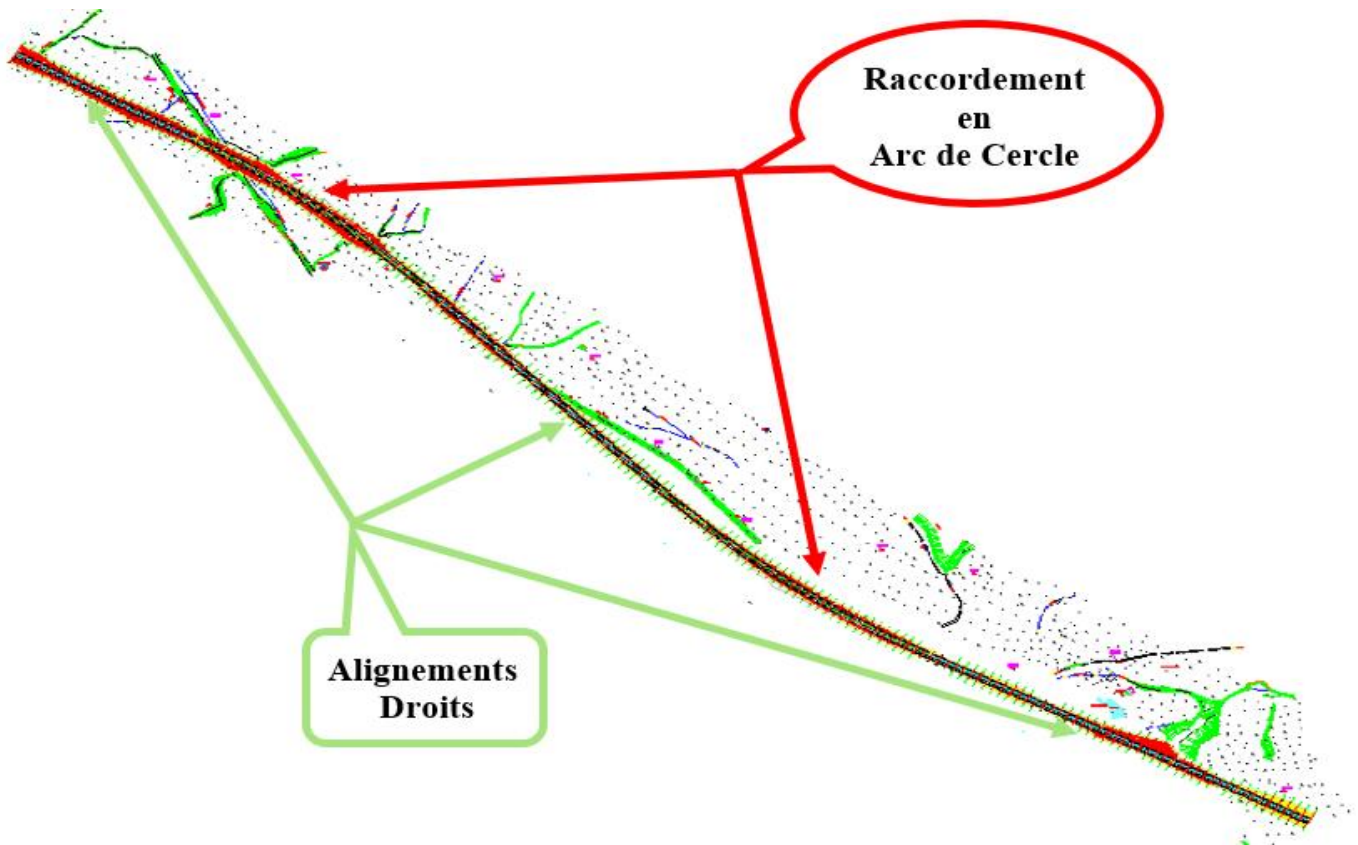


Figure V.2. Tracé en Plan de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane

5.3.2 PROFIL EN LONG :

5.3.2.1 DEFINITION DU PROFIL EN LONG :

Le profil en long d'une route est une coupe longitudinale de la route à axe vertical dont la directrice est le tracé en plan par la surface gauche de l'espace qui constitue la surface roulable ou ses annexes développée et représentée sur un plan à une certaine échelle de réduction près, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer : .

- L'altitude du terrain naturel .
- L'altitude du projet .
- La déclivité du projet

5.3.2.2 REGLES ET PARAMETRES DE CHOIX D'UN PROFIL EN LONG :

L'étude du profil en long ne peut être séparée de celle du tracé en plan ; on devra en effet toujours s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter

atteinte à l'harmonie, au confort et à la sécurité de la route qu'elles définissent. L'une des préoccupations majeures de l'ingénieur routier étant celle de l'écoulement de l'eau.

- On évitera les pentes trop faibles en profil en long, notamment inférieures à **0,5%**.
- Si on est obligé de concevoir un palier, il faudra étudier attentivement les pentes du profil en travers afin de favoriser l'évacuation par gravité de l'eau de pluie ou de fonte.
- Le coût du trafic sur une route ne dépend, en première approximation, que des dénivelées du profil en long et non des déclivités elles-mêmes. C'est donc en cherchant à minimiser les dénivelées cumulées que l'on affaiblira les rampes ; ceci peut avoir une influence décisive sur le tracé en plan. En effet, il ne faut pas oublier que la difficulté d'une rampe est fonction de sa longueur autant que de sa déclivité.
- Lorsque la rampe a à la fois une forte déclivité et une grande longueur, il y a lieu de prévoir une voie supplémentaire pour poids lourds et à chaque fois que le relief le permet, la réalisation de quasi paliers de quelques centaines de mètres.
- Les rayons des raccordements circulaires indiqués par les instructions techniques doivent toujours être considérés comme des minimums imposés par les conditions de visibilité et de confort.
- Il est toujours préférable, lorsqu'ils peuvent être bien adaptés au terrain et qu'ils n'entraînent pas de terrassements supplémentaires, d'adopter des rayons beaucoup plus grands.
- Un profil en long composé de segments successifs sera avantageusement remplacé par un cercle unique.
- Le profil en long doit, dans tous les cas, s'adapter aux grandes lignes du paysage. Il faut éviter à tout prix sur un itinéraire :
 - ✓ une déclivité locale exceptionnelle ;
 - ✓ préférer un léger remblai à un léger déblai ;
 - ✓ assurer en toute circonstance le confort et la sécurité de l'utilisateur par l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

N.B :

- On appelle un point haut un sommet formé par des déclivités successives de sens contraire, et inversement les points bas sont des creux ;

- On appelle profil fictif, le profil situé au point d'intersection de la ligne de terrain naturel et la ligne du projet, son emplacement ayant une influence dans le volume des terrassements (déblais, remblai).

5.3.2.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

5.3.2.3.1 La Déclivité :

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

5.3.2.3.1.1 Déclivité minimale :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à **1%** et sur toute celle inférieure à **0.5%** pour éviter la stagnation des eaux.

5.3.2.3.1.2 Déclivité Maximale :

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminant, car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance.

Catégorie	L1	L2
Vitesse de Reference	130 km/h	110 km/h
Déclivité maximale	5 %	6 %

Tableaux V.5. Valeurs limites de déclivités selon ICTAAL

5.3.2.3.2 Raccordement en Profil en Long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être raccordé par une courbe de grand rayon qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité. On distingue deux types de raccordement :

5.3.2.3.2.1 Raccordement Concave (Angle Rentrant) :

Le raccordement des droites de l'espace faisant entre elles un angle dont le sommet est dirigé vers le bas s'effectue à l'aide d'un cercle de rayon RV' en (m) dont le minimum absolu a pour symbole $RV_{m'}$ et le minimum normal : $RV_{N'}$.

La difficulté de visibilité pour un angle rentrant est sentie principalement en conduite de nuit. En effet, dans ces conditions, la visibilité d'un obstacle dépend des phares du véhicule et de leur angle d'ouverture.

Considérons pour le calcul de l'angle rentrant un véhicule dont les phares ont un angle d'ouverture de (2α) . Et (h) étant la hauteur des phares, (L) la distance de visibilité offerte en fonction de l'angle d'ouverture des phares.

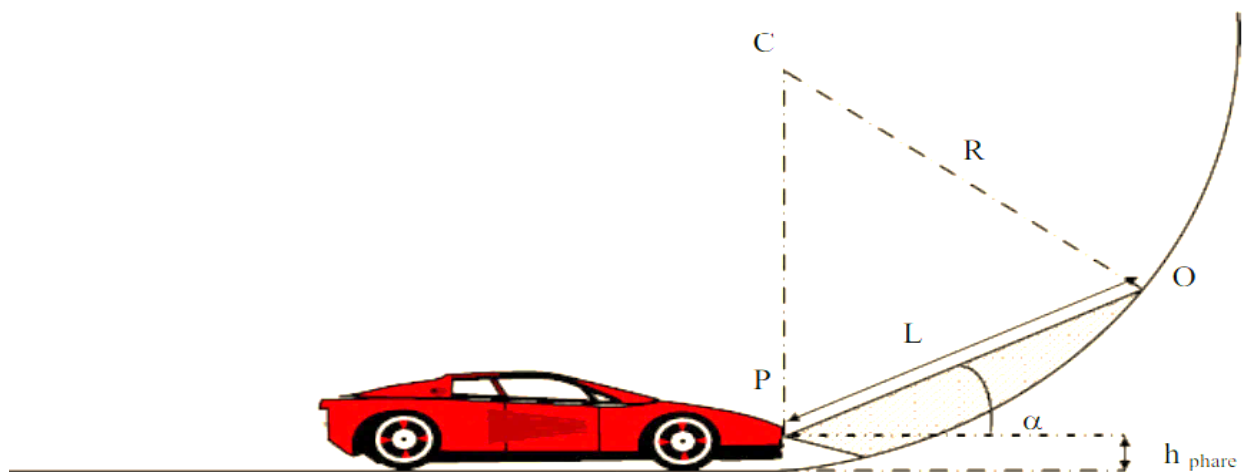


Figure V.3. Calcul d'un angle rentrant de profil en long

Dans le triangle COP ; nous pouvons écrire :

- $R^2 = L^2 + (R - h_{phare})^2 - 2L(R - h_{phare}) \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$
- $R^2 = L^2 + R^2 - 2Rh_{phare} + h_{phare}^2 - 2LR \sin(\alpha) + 2Lh_{phare} \sin(\alpha)$. Avec :
- h_{phare}^2 et $2Lh_{phare} \sin(\alpha)$ à **Négliger** $\leftrightarrow 0 = L^2 - 2R(h_{phare} + L \sin(\alpha))$.

Le rayon doit être calculé de sorte à ce que L corresponde à la distance d'arrêt. Nous pouvons donc écrire que :

- $R = \frac{d_a^2}{2(h_{phare} + d \sin(\alpha))}$ Avec : $\{h_{phare} = 0.75m \text{ et } \alpha = 1^\circ \Rightarrow$
- $RV' (m) = \frac{d^2}{1,5 + 0,035d}$ Avec : $\begin{cases} d_{a1} \text{ en alignement droit si } V \geq 80 \frac{Km}{h} \\ d_a = d_{a2} \text{ en courbe si } V \leq 70 \frac{Km}{h} \end{cases}$

N.B :

Ce rayon RV' (m) permet de voir dans le faisceau des phares d'axe horizontal situé à **0,75 m.** et de **1 degré d'ouvertures**, la distance d'arrêt en courbe d_{a2} .

5.3.2.3.2 Raccordement Convexe (Angle Saillant) :

Le raccordement des droites de l'espace faisant un angle dont le sommet est dirigé vers le haut, s'effectue à l'aide d'un cercle de rayon **RV en (m).**

- Si la chaussée est unidirectionnelle, le symbole sera **RV (m1).**
- Si la chaussée est bidirectionnelle, le symbole sera **RV (m2).**

En fonction de la vitesse V_R , on considère le rayon **R** qui assure pour un œil placé à **1 (m) de hauteur**, la visibilité derrière l'angle saillant de :

- L'obstacle éventuel de **0,15 m** à la distance d_a (distance d'arrêt.) .
- Un véhicule de **1,20 m** de hauteur à la distance d_d (distance de visibilité de dépassement).

Pour le calcul du rayon en angle saillant, nous tenons compte de cette notion de visibilité associée à la nature de l'obstacle.

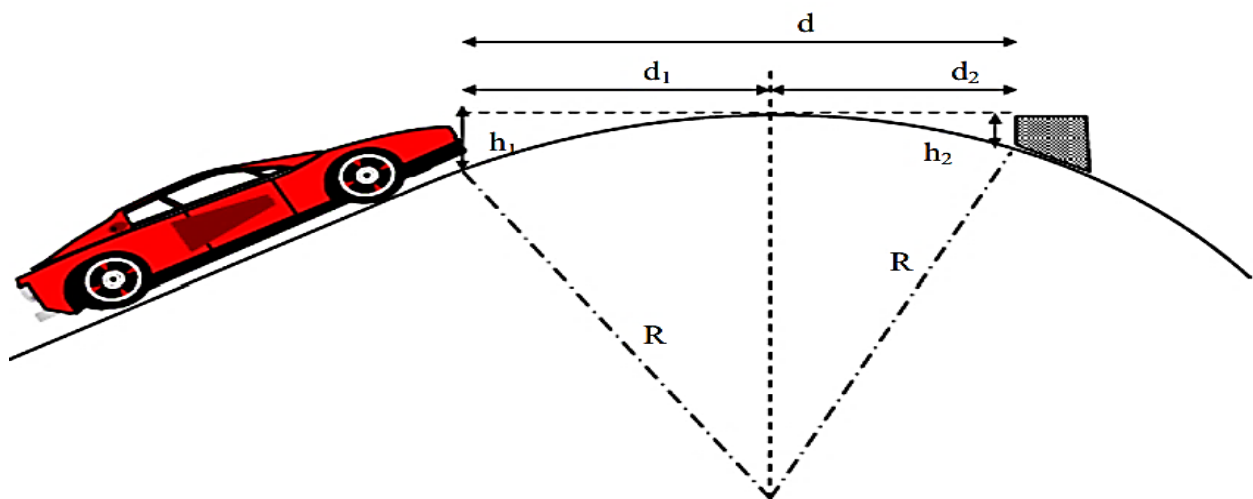


Figure V.4. Calcul d'un angle saillant de Profil en Long

Pour cela, considérons un véhicule dont l'œil du conducteur est placé à la hauteur (h_1) et un obstacle de hauteur (h_2). Pour assurer une bonne visibilité, le conducteur doit percevoir l'obstacle éventuel ce qui est le principe même de la notion de distance d'arrêt et de visibilité.

C'est dans ce sens que nous considérons pour le calcul que l'œil du conducteur et l'obstacle doivent être au même niveau. Nous pouvons donc écrire :

- $R^2 + d_1^2 = (R + h_1)^2$ et $R^2 + d_2^2 = (R + h_2)^2$. h_1 et h_2 étant petit, nous pouvons négliger leurs carrés. L'égalité devient : $d_1^2 = 2Rh_1$ Et $d_2^2 = 2Rh_2$.
- Ainsi : $d_1 + d_2 = d \Rightarrow d_2 = d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2 = 2Rh_1 + 2Rh_2 + 4\sqrt{h_1h_2}$.

$$R = \frac{d^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1h_2})}$$

Pour une route unidirectionnelle (Notre cas) :

- L'obstacle est plutôt un objet dont la hauteur sera de $h_2 = 0,15 \text{ m}$.
- L'œil du conducteur est à $h_1 = 1 \text{ m}$.
- La distance **d** est la distance d'arrêt. On prendra d_a pour V_R pour déterminer **RV(m)** et $V_R + 20 \text{ km/h}$ pour **RV(N)**.
- **R** est donné par : $R(d_a) = 0,26 (d_a^2)$.

Catégorie	L1	L2
Vitesse de Reference	130 km/h	110 km/h
Rayon Minimal en Angle Saillant	12 500 m	6 000 m
Rayon Minimal en Angle Rentrant	4 200 m	3 000 m

Tableau V.6. Valeurs Minimales des Raccordements verticaux selon ICTAAL

5.3.2.4 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG :

Il est important de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) pour :

- Assurer les conditions minimales de visibilité ;
- Favoriser la perception générale du tracé : rechercher la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.

Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, faire coïncider les courbes horizontales et verticales, Puis respecter la condition :

R vertical > 6 R horizontal pour éviter un défaut d'inflexion.

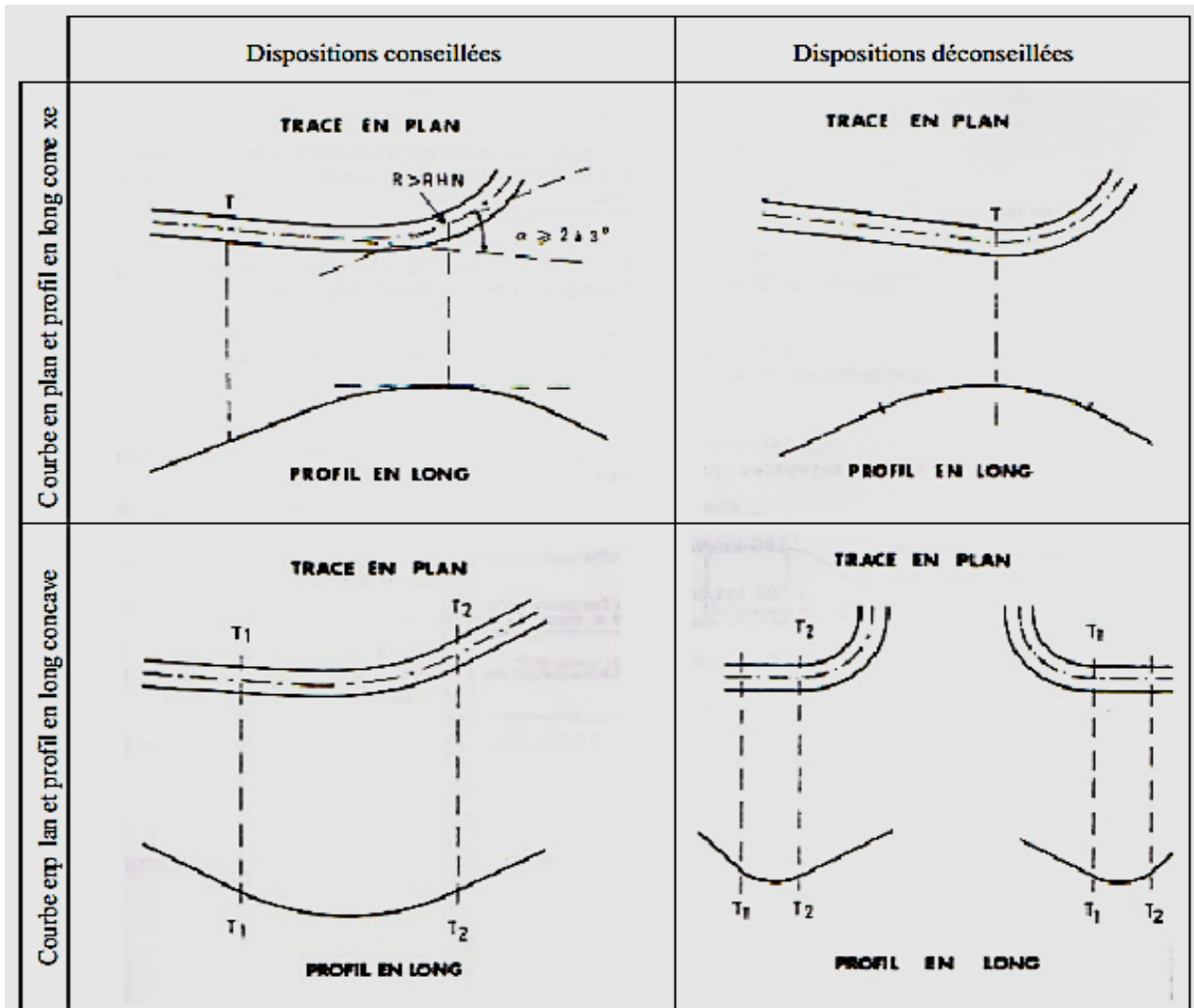


Figure V.5. Coordination Tracé en Plan – Profil en Long

5.3.2.5 APPLICATION AU PROJET :

1. PROFIL EN LONG DE LA CHAUSSEE PROJETEE :

La conception du profil en long de notre future AutoRoute Tiaret-Relizane, doit au mieux respecter les exigences en termes de facteurs de visibilité et de distance minimale d'arrêt ainsi que les considérations telles que le drainage, l'esthétique et le confort des usagers de l'ouvrage. Comme nous l'avons déjà évoqué, le Profil en Long de notre projet a été réalisé conformément aux Normes ICTAAL avec une vitesse de référence de 130 (km/h).

2. PROCEDURES ET RESULTATS :

Nous allons procéder à la conception du projet à l'aide du logiciel « AUTOPISTE » que nous nous proposons de présenter les Résultats du Profil en Long en récapitulatifs de la chaussée Projetée ci-dessous :

Eléments Caractéristiques de la VARIANTE 3			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-1.13 %	506.138	0.000	706.982
Parabole 1	Rayon	100000.000 m	3053.809	506.138	701.257
	Sommet Absc.	1637.389 m			
	Sommet Alt.	694.858 m			
Pente 2	Pente	1.92 %	370.191	3559.947	713.339
Parabole 2	Rayon	-13283.485 m	551.791	3930.138	720.456
	Sommet Absc.	4185.521 m			
	Sommet Alt.	722.911 m			
Pente 3	Pente	-2.23 %	862.673	4481.929	719.604
				5344.601	700.354
LONGUEUR TOTALE DE L'AXE 5344.601 mètre(s)					

Tableau V.7. Eléments Caractéristiques Longitudinale de la VARIANTE 3 retenue

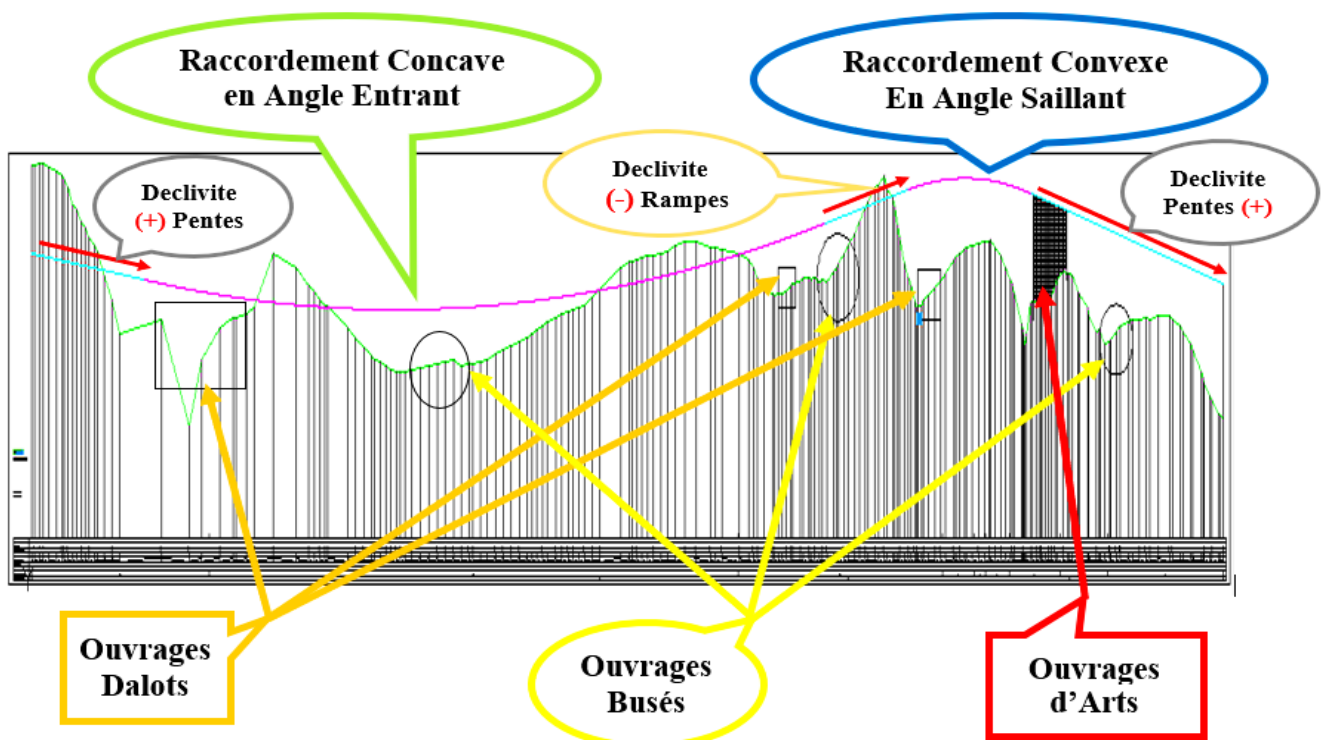


Figure V.6. Profil en Long de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane

5.3.3 PROFIL EN TRAVERS :

5.3.3.1 DEFINITION DU PROFIL EN TRAVERS :

Les profils en travers sont des coupes transversales selon des plans verticaux passant par l'axe du tracé, ces plans sont perpendiculaires à l'axe de la route projetée. Il comprend entre autres les chaussées avec leurs voies, le terre-plein central quand il y en a un, les talus et les accotements. Il est de plus orienté dans les plans transversaux à la route à l'aide d'un Pourcentage de déclivité appelée le « **Dévers** ».

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).

5.3.3.2 DETERMINATION DES PROFILS EN TRAVERS :

Il faut faire apparaître des profils en travers :

- à chaque changement de déclivité (**profil en long**) ;
- à chaque changement de direction (**tracé en plan**) ;
- à chaque point caractéristique de la ligne rouge ;
- des profils complémentaires au moins chaque **50 m (pour assurer un bon Compactage)**.

5.3.3.3 CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de classification de profil en travers :

5.3.3.3.1 Le Profil en Travers Type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles autoroutes ou l'aménagement des autoroutes existantes, il contient tous les éléments constructifs de la future autoroute, dans toutes les situations (**remblais, déblais, en alignement et en courbe**). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

5.3.3.3.2 Le Profil en Travers Courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (**10, 15, 20, 25 m...**) qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat) et qui servent à calculer les cubatures des terrassements.

5.3.3.4 LES ÉLÉMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

- **Chaussée :**

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules, La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central (**T.P.C**).

- **La largeur Roulable :**

Elle comprend les surlargeurs de la chaussée : « **La Chaussée et les Bandes d'Arrêt** ».

- **Plate-forme :**

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, elle comprend : « **La Chaussée, les Accotements et éventuellement le Terre-Plein Centre (T.P.C)** ».

- **Assiette :**

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

- **Emprise :**

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

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

Le (**T.P.C**) s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées, il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur résulte de celle de ses constituants : « **surlargeurs de chaussée (les deux Bandes Dérasées de Gauche B.D.G) et la partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue (la Bande Médiane)** ».

- ✓ **Bande Dérasée De Gauche (B.D.G.) :**

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité. La **B.D.G** est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation, sa largeur est de **1,00 m**.

✓ **Bande Médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements c'est le cas échéant (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux), des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers, sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés. Si elle est inférieure ou égale à **3,00 m**, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien. Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante.

• **Accotement :**

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent généralement : « **Une bande d'Arrêt d'Urgence (B.A.U.), une Berme extérieure et une Zone de Sécurité** ».

✓ **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, 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**.

✓ **La Berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : « Barrières de Sécurité, Signalisation Verticale »... Sa largeur dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de **1,00 m** minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas **25%**.

✓ **Zone de Sécurité :**

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de **10 m pour la catégorie L1**, et de **8,50 m** pour la catégorie **L2**. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de **3 m**. La zone de sécurité, doit être isolé, sinon exclu de tout dispositif agressif constitué par un :

• **Le Fossé :**

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

5.3.3.5 PENTES TRANSVERSALES :

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

En alignement et en courbe non déversée :

- La pente transversale d'une chaussée est de **2,5%** vers l'extérieur ;
- La pente d'une **B.A.U** (ou d'une **B.D.D**), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à **4 %** pour des raisons techniques ;
- Les pentes des **B.D.G** et du versant en toit d'un **T.P.C** revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente ;
- 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.

En Courbe Déversée :

- La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de **1/R** entre **2,5 % pour R_{nd}** et **7 % pour R_m** ;
- La pente de la **B.A.U** (ou la **B.D.D**) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente ;
- La pente de la **B.A.U** extérieure (ou la **B.D.D**) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas **4 %** ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à **1,5 %**, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée ;
- Les dispositions relatives aux autres composantes de la plate-forme restent les mêmes qu'en alignement et en courbe non déversée.

5.3.3.6 CHANGEMENT DE DEVERS:

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

- **Point de Rotation des Dévers :**

Lorsque le **T.P.C** est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

- **Évacuation 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.

PROFIL EN TRAVERS		
Catégorie De La Route	L1	L2
Vitesse De Reference	130km/h	110km/h
Largeur de la Voie	3,5 m	3,5 m
Dévers Minimal (i_{min})	2,5%	2,5%
Devers Maximal (i_{max})	7,0%	7,0%

Tableau V.8. Valeurs des Eléments du Profils en Travers

5.3.3.7 APPLICATION AU PROJET :

- ✓ **PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA CHAUSSEE PROJETEE :**

Voie	3.5 m
Chaussée (2×3 voies)	10.5 m
B.A.U	3.00 m
Berme	1 m
Accotement (BAU + Berme)	4.00 m
B.D.G × 2	1.00 × 2 m
B.M	1 m
T.P.C (B.D.G × 2 + B. M)	3.00 m
Fossé	0.5×3 m

Tableau V.9. Valeurs des Composantes du Profil en Travers de la chaussée Projetée

Donc notre Liaison-Autoroutière reliant Tiaret à Relizane est d'une « **largeur de 35m** ».

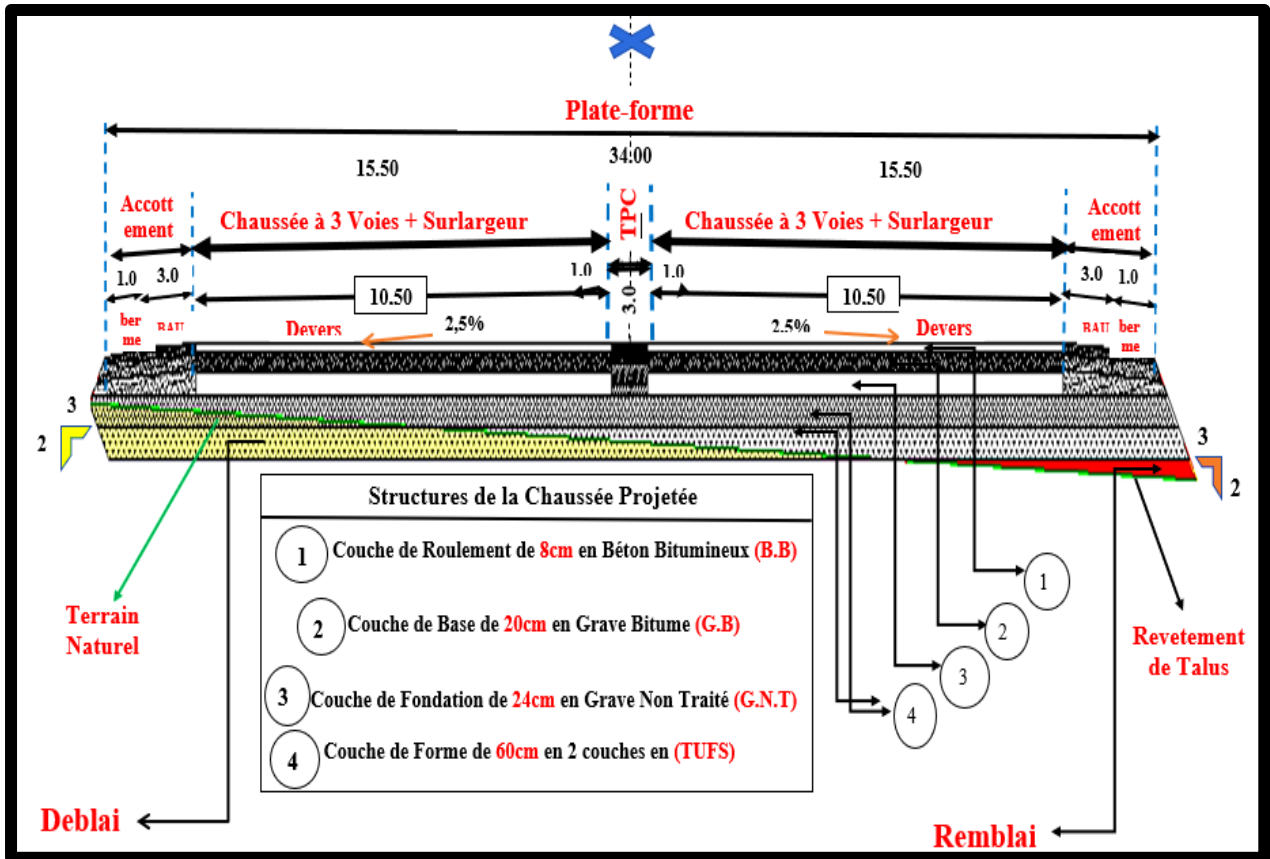


Figure V.7. Profil en Travers Type de la Liaison – Autoroutière Tiaret-Relizane

✓ **CHAPITRE VI : CUBATURES DE TERRASSEMENTS :**

6.1 INTRODUCTION :

Pour construire un ouvrage, quel qu'il soit (tunnel, route, pont, bâtiment, barrage, ...), il est nécessaire de modeler le terrain naturel en fonction des caractéristiques géométriques définies par les plans d'exécution (tracé en plan, profil en long et profil en travers). Il faut profiler la surface du terrain de telle sorte qu'il soit apte à supporter le poids de l'ouvrage et à en intégrer la forme. L'ensemble de ces opérations s'appelle "**le terrassement**".

Terrasser est un travail composite pouvant comprendre :

- L'ajout des terres (remblai) qui consiste à transporter à partir du site du projet ou de l'extérieur de ce dernier (gite d'emprunt), des matériaux conformes à l'usage et aux spécifications techniques et
- L'enlèvement des terres (déblai) qui consiste à retirer et à transporter sur le site du projet ou à l'extérieur de celui-ci (dépôt), des sols décapés ou excavés.

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle "**les cubatures des terrassements**".

6.2 GENERALITES :

6.2.1 LES CUBATURES :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet. Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

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

6.2.2 LES TERRASSEMENTS :

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

❖ **Déblais :** Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour

dégager des terres.

Extraction des déblais

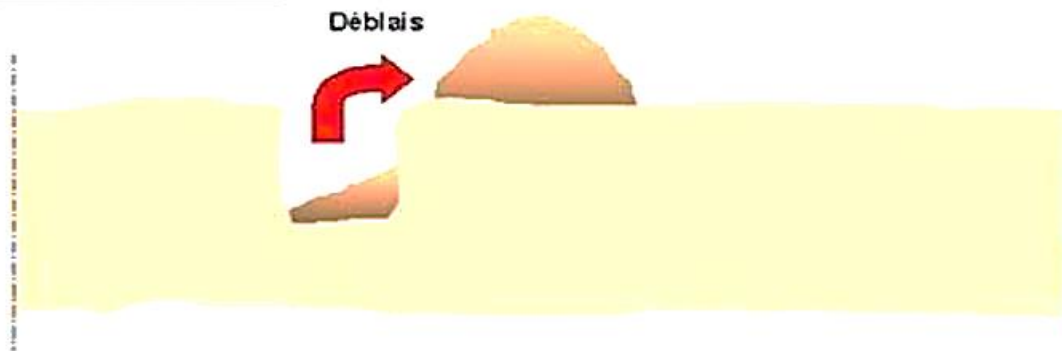


Figure VI.1. Extraction des Déblais

- ❖ **Remblais** : Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (comblé une tranchée, aplanir un terrain...etc.). Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de **20cm environ**.

Remblai de la tranchée

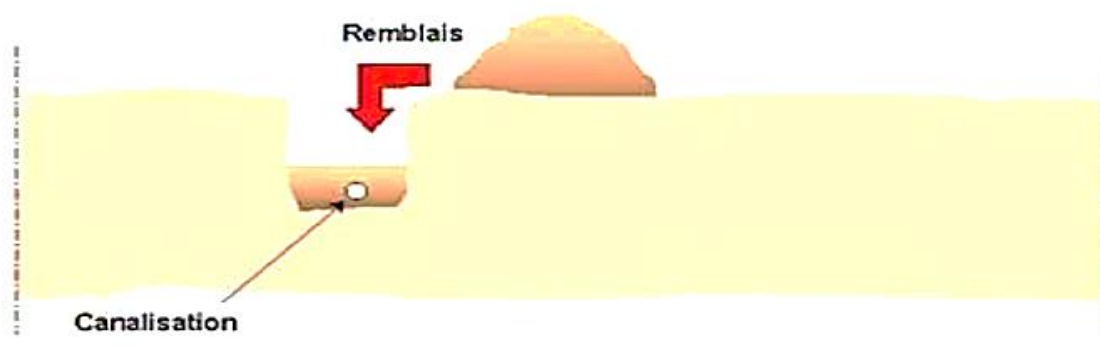


Figure VI.2. Remblaiement de la tranchée

6.2.3 METHODES DE CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENTS :

La cubature des terrassements est l'évaluation du volume des terres à enlever ou à mettre en remblai pour l'exécution du projet.

Les cubatures sont des calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Le travail consiste à calculer les surfaces **SD** (surface Déblai) et **SR** (surface Remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section de notre projet.

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 de 10% environ.

6.2.4 DESCRIPTION DE LA METHODE DE LA MOYENNE DES AIRES :

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

$$V = \times (S1 + S2 + 4Sm)$$

- **Hm** : hauteur moyenne entre deux profils.
- **SMO** : 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 :

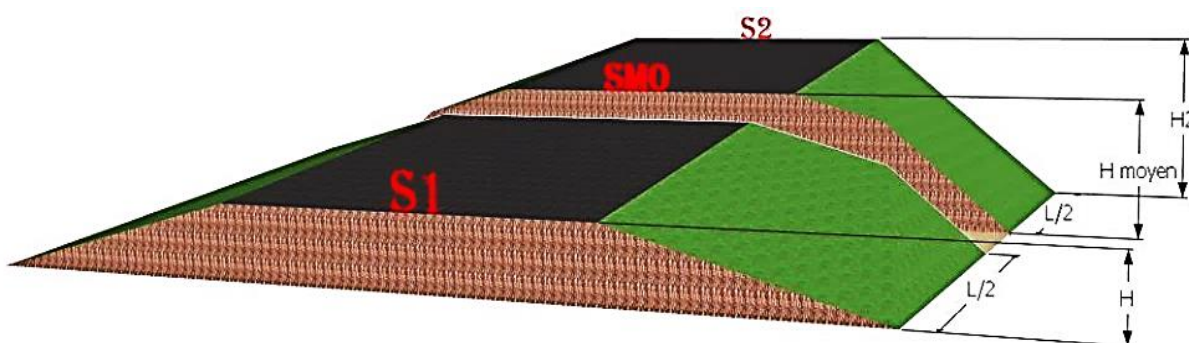


Figure VI.3. Description des Sections Déblais et Remblais.

6.2.5 APPLICATION AU PROJET :

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel « **Autopiste** » et les résultats obtenus pour le calcul des cubatures sont joints en annexe. Mais ce que nous pouvons retenir de ces résultats c'est que :

Volume Total des Cubatures de Terrassements	
Remblai	2.136.475,000 (m ³)
Déblai	409.713,000 (m ³)
Décapage sur 15 (cm)	41.138,680 (m ³)

Tableau VI.1. Résultats sur les Calculs des Cubatures de la Chaussée Projetée

✓ CHAPITRE VII : ETUDES GEOTECHNIQUES**7.1 INTRODUCTION :**

L'élaboration et l'exécution de projet routier en site neuf nécessitent une bonne connaissance des terrains traversés. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'informations indispensable à chacune des étapes de la naissance d'une section de route.

L'investigation géotechnique a été réalisée pour déterminer les caractéristiques des différentes couches de sol dans les buts suivants :

- Caractéristiques physiques et mécaniques des sols : analyse des caractéristiques physiques et mécaniques des sols de la section à étudier au moyen des essais in situ et au laboratoire ;
- Concevoir le corps de chaussée : Fourniture des données pour le calcul de l'épaisseur de la couche de forme et de la coupe transversale du corps de chaussée en tenant compte des caractéristiques des couches de sol ;
- Examiner la possibilité de réutiliser les déblais en remblai : l'estimation se fait après la détermination des caractéristiques des matériaux du déblai.

7.2 PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOLOGIQUES ET GEOTECHNIQUES :

Dans le cadre de la réalisation de notre liaison autoroutière, une descente sur le terrain devra être faite par l'ingénieur géotechnicien dans le but de faire une évaluation des travaux qui seront effectués sur le plan géologique et géotechnique rentrant dans le cadre du projet. L'objectif principal de cette tâche sera :

- de déterminer d'abord la nature des différentes formations géologiques rencontrées sur site du projet,
- de déterminer et localiser en suivant le tracé de la route et toutes les zones qui nécessiteraient une intervention géotechnique plus ou moins particulière,
- de faire une identification des carrières potentielles devant fournir les matériaux dont on aura besoin pendant l'exécution des travaux.
- Définir les difficultés éventuelles pour les terrassements.

7.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE :

7.3.1 LES DIFFERENTS ESSAIS IN-SITU

7.3.1.1 Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance sont exécutés pour réaliser les profils géologiques sur une profondeur de **3 à 4 m**. Ils sont réalisés à l'aide d'une tractopelle en vue de connaître les coupes lithologiques et les caractéristiques de compactage d'un sol pour les sites prévus en remblai et déblai.

7.3.1.2 Sondages carottes :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

7.3.1.3 Les forages :

Les forages permettent de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique. Les forages peuvent être réalisés :

- ✓ **Manuellement** : ce sont des puits creusés par la main ou par la pelle mécanique, Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois des puits et le prélèvement d'échantillons intacts et ou remaniés ;
- ✓ **Par la tarière** : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permette de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié ;
- ✓ **Par la sondeuse** : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées. Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

7.3.1.4 Les essais de plaque :

Les essais de plaques permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol (**E**) en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie (**Z**), le déplacement, la pression (**q₀**) le rayon de charge (**a**) et la caractéristique du massif **E₂**.

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : **E = 5 CBR**.

7.3.1.5 LES ESSAIS PENETROMETRIQUES :

- ✓ **Pénétrömètre Statique :** L'essai de pénétration statique consiste à fonder de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre **30 et 100mm**. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.
- ✓ **Pénétrömètre Dynamique :** L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tubes lisses muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.

7.3.2 LES DIFFERENTS ESSAIS AU LABORATOIRE :

Les essais quelques essais faits en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
 - Équivalent de sable.
 - Limites d'Atterberg.
 - Essai PROCTOR.
 - Essai CBR.
 - Essai Los Angles.
 - Essai Micro Deval.
- ✓ Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.
 - ✓ Les essais seront faits à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.
 - ✓ La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

7.3.2.1 ANALYSE GRANULOMETRIQUE :

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique. Cette analyse se fait en générale par un tamisage.

7.3.2.2 ÉQUIVALENT DE SABLE :

Le but de l'essai de l'équivalent de sable est de déterminer la qualité d'impute (ou pour déterminer le pourcentage d'impute dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fine ou des limons.

7.3.2.3 LIMITES D'ATTERBERG :

Limite de plasticité (W) et limite de liquidité (W_L) ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

$I_P = W_L - W_P$, est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

7.3.2.4 ESSAI PROCTOR :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

7.3.2.5 ESSAI C.B.R :

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifier) avec trois (3) énergies de compactage **25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours.**

7.3.2.6 ESSAI LOS ANGELES :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine « Los Angles ».

7.3.2.7 ESSAI MICRO DEVAL :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

7.3.3 EXECUTION DU PROGRAMME DE RECONNAISSANCE ET DES ESSAIS DE LABORATOIRE :

L'ingénieur géotechnicien doit exploiter les données brutes recueillies en fin des moyens de reconnaissances pour répondre aux objectifs prévus pour la réussite de notre tronçon d'autoroute. L'exécution du programme de reconnaissance permet :

- De dresser une coupe des sols rencontrés,
- D'habiller les profils en travers au droit des sections les plus critiques (coupe au droit du plus grand déblai et du plus grand remblai).

7.3.4 CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

7.3.4.1 MATERIAUX POUR REMBLAIS PROVENANT DES DEBLAIS :

Ils doivent satisfaire aux spécifications suivantes :

- **Granularité** : aucun élément ne doit excéder 200 mm (deux cent millimètres) en tous sens.
- **Un taux des fines** : n'excédant pas 20%.
- **Limite d'Atterberg** : l'indice de plasticité doit être inférieur à 20 (vingt).
- **Densité sèche** : la densité sèche maximale obtenue par essai Proctor normal doit être supérieure à 1,60 t/m³ (une virgule 60).
- **Teneur en eau** : inférieure à 13%.

7.3.4.2 MATERIAUX POUR REMBLAIS PROVENANT DE ZONE D'EMPRUNTS :

Ils doivent répondre aux spécifications suivantes :

- **Granulométrie** : aucun élément ne doit excéder 200 mm (deux cent millimètres) en tous sens.
- **Limite d'Atterberg** : l'indice de plasticité doit être inférieur à 17 (dix-sept).

- **Densité sèche** : la densité sèche maximale obtenue par essai Proctor normal doit être supérieure à 1,60 (une virgule 60)
- **Teneur en eau** : inférieure à 13%.

7.3.4.3 LES MATERIAUX DE REMBLAIS SERONT EXEMPTS DE :

- Pierre de dimension $> 80\text{mm}$.
- Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite 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.

✓ **CHAPITRE IIX : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :**

8.1 INTRODUCTION :

Le dimensionnement structurel consiste à la détermination du nombre et de l'épaisseur des différentes couches d'une structure routière dans l'objectif de garantir une durée de vie suffisante à la chaussée escomptée à **20 ans**, de manière à ce qu'aucune réparation de type structurelle ne puisse être réalisée durant cette période.

Ainsi, toutes les trois (3) variantes choisies sont évaluées, l'épaisseur de la structure et celle de ses différentes couches sont calculées pour supporter la circulation du trafic (action des essieux Des véhicules) ainsi que les agressions des agents extérieures (des gradients thermiques, pluie Neige, verglas...etc.). Il faut néanmoins veiller à assurer une bonne protection du corps de la chaussée en assurant une maintenance régulière de la couche de surface dès que son état d'usure le justifie.

8.2 FACTEURS CONSIDERES DANS LE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES :

8.2.1 TRAFIC :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement les poids lourds (**véhicules supérieurs à 3.5t**). 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.

8.2.2 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.

8.2.3 LE SOL SUPPORT :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « **plate – forme support de chaussée** » constituant le 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.

8.2.4 MATERIAUX :

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

8.3 PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- **De la Charge des Véhicules :** La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de **65 KN (6.5 tonnes)** soit un essieu standard de **130 KN (13 T)**. Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.
- **Des Intempéries :** Les variations de température peuvent engendrées dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendre aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.
- **Des efforts tangentiels :** Lorsqu'un véhicule est en mouvement apparaissent des efforts horizontaux du fait :
 - ✓ De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
 - ✓ De la mise en rotation des roues non motrice.
 - ✓ De la résistance aux efforts transversaux.

8.4 DEFINITION DE LA CHAUSSEE :

- **Au Sens Géométrique :** C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au Sens Structurel :** C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

8.5 FONCTIONNALITES DE LA CHAUSSEE :

La chaussée a pour fonction principale d'assurer la circulation des usagers dans des bonnes conditions de sécurité et de confort en assurant la répartition des sollicitations mécaniques avec des déformations admissibles au niveau des sols supports. Les corps de chaussées sont

généralement constitués des couches suivantes mises en œuvre sur le sol support **P.S.T** (Partie Supérieure des Terrassements).

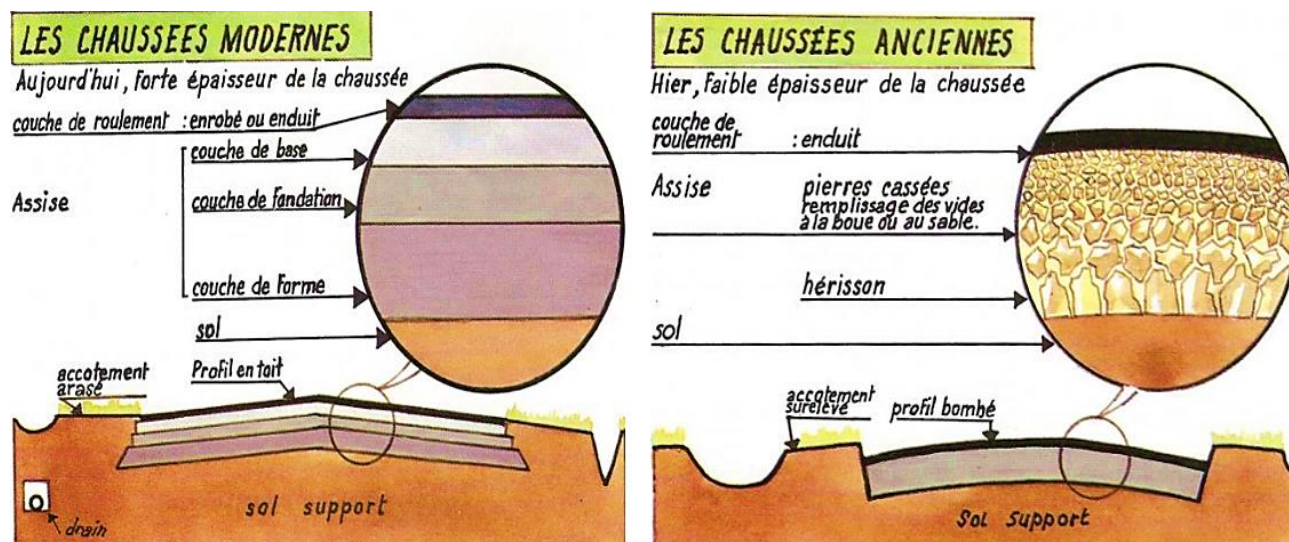


Figure VIII.1. Schéma Structurelle d'une Chaussée Modernes et Ancienne.

8.5.1 LE SOL DE PLATE-FORME :

Le sol-support ou plate-forme correspond au terrain occupant les parties supérieures des terrassements (**30 à 100 cm**). Elle doit être suffisamment rigide pour permettre le passage des engins de terrassement, insensible à l'eau et aux intempéries. Sa portance influence pour une grande part l'épaisseur des couches de chaussée qui reposent sur elle. Une bonne portance permet d'éviter les déformations sous chargement lourd ou répété entraînant une dégradation prématurée de la chaussée. Selon les cas, on peut avoir recours à :

- la pose d'une couche de forme;
- des purges puis des remblais;
- une substitution de matériaux;
- un traitement du sol en place par la chaux et au ciment;
- la pose d'un matériau anti-contaminant de type géotextile.

Dans la pratique, les sols de portance inférieure à 5 sont à proscrire. Il est préconisé un des traitements spéciaux cités plus loin (amélioration, purge, substitution, remblais d'apport, et / ou drainage) selon le type de sol rencontré (argiles gonflantes, sable de faible portance etc).

Remarque :

Pour notre projet d'Autoroute reliant Tiaret-Relizane, nous avons un sol de faible portance (**S4 en RP1**) qui correspond à un indice **CBR=3.20 < 5**, alors le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

8.5.2 LA COUCHE DE FORME :

Elle est réalisée dans le but de faire reposer la chaussée sur une plate-forme homogène de bonne qualité. Elle doit être constituée de matériaux de bonne portance et avoir une épaisseur suffisante. Ainsi, elle assurera une transition, de fait, entre le sol en place ou rapporté et la chaussée.

- Elle résistera aussi aux sollicitations des engins de terrassement.
- Elle doit rester insensible aux variations hydriques et participer au drainage de la chaussée.

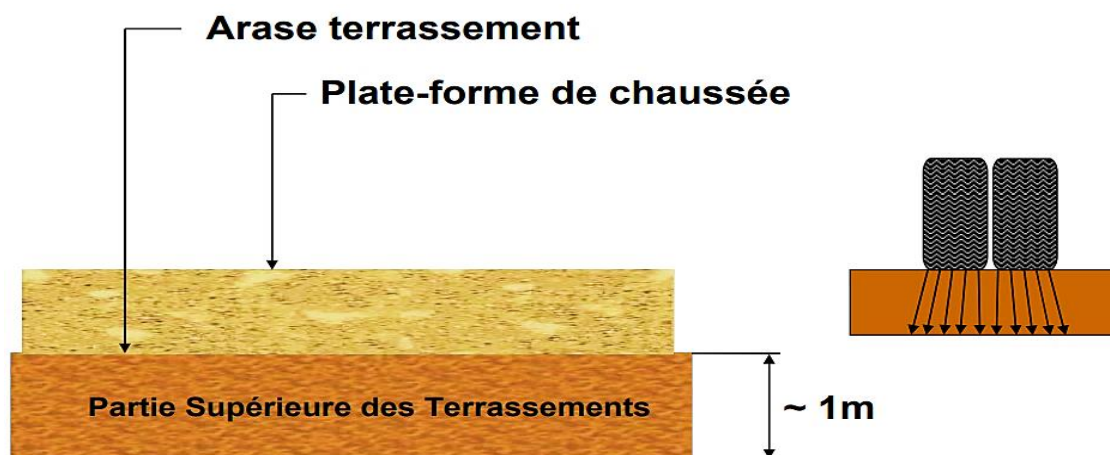


Figure VIII.2. Couche de Forme

8.5.3 COUCHE D'ASSISE :

Formée de la **Couche de Fondation** (constituée d'un Matériaux Non Traités et de Moindre Coût) surmontée par la **Couche de Base** (constituée d'un Matériau Non Traité ou Traité). Elle assure la résistance mécanique de la chaussée en répartissant les pressions dues au trafic sur la plate-forme avec des déformations inférieures aux limites admissibles.

Éventuellement, elle se compose en plusieurs sous-couches suivantes :

- **Sous-couches anticapillaires :** Empêche la remontée des eaux sous l'action des forces capillaire dans les terrains en présence de nappes aquifères.

- **Sous-couche drainante** : Comme on n'est jamais à l'abri de l'infiltration de l'eau dans la chaussée, il convient alors une sous couche drainante, constitué par des matériaux très perméables, assure le drainage de la chaussée. Elle est faite de (**gros gravier + sable**).
- **Sous-couche anti-contaminante** : Si les matériaux de terrain naturel, des remblais ou même de la couche de formes est très fins (**argiles ; limon, ...**), il est susceptible de remonter dans la couche supérieure, la contamination par les particules fines.



Figure VIII.3. Couche d'Assise.

8.5.4 LA COUCHE DE SURFACE :

C'est la couche supérieure de la chaussée constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné qui doit résister aux Efforts tangentiels des pneus et assurer l'adhérence et l'imperméabilisation de la Chaussée. Elle est déterminante pour la qualité d'usage de la chaussée mais contribue aussi à sa pérennité par sa fonction d'étanchéité. La Couche de Surface est généralement composée en :

- **Couche de Roulement** : en Enrobés Denses en Béton Bitumineux.
- **Couche de Liaison** : d'assurer une transition, avec les couches inférieures.



Figure VIII.4. Couche de Surface.

8.6 LES DIFFERENTES FAMILLES DE STRUCTURES DE CHAUSSEES :

Selon la formation des différentes couches et leur disposition dans la structure de la chaussée, on classe en plusieurs familles les structures de chaussées. Le (Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée du LCPC) distingue les structures : **Souples, Semi - Rigides, Rigides, Inverses, Mixtes, et Bitumineuses Épaisses**. Nous parlerons dans cette étude que des trois premières structures.

8.6.1 LES CHAUSSEES SOUPLES :

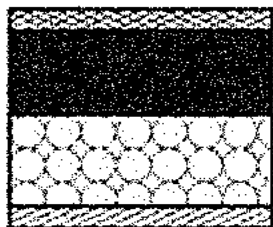
Cette structure est la plus utilisée **en Algérie**. Elle est couverte par une couche de surface de faible épaisseur inférieure à **15 cm**. Pour un trafic faible on peut faire un enduit superficiel ou du béton bitumineux. L'épaisseur globale de la chaussée fait environ **30 et 60 cm** et la couche de surface repose sur plusieurs couches de matériaux granulaires. Le dimensionnement de cette structure se base sur la limitation des déformations verticales du sol support.

Ces chaussées ont une faible rigidité de la structure ce qui augmente sa sensibilité aux variations d'état hydrique des sols supports ce qui peut induire des affaissements de rive et des retraits hydrique en période sèche.

Ces chaussées ont une faible rigidité qui dépend de celle du sol support et de l'épaisseur. Les contraintes verticales élevées, engendrées par la répétition des charges, sont transmises au sol support avec une faible diffusion latérale entraînant des déformations plastiques du sol ou de l'assise qui se récupèrent en déformations permanentes à la surface. La couverture bitumineuse subit à sa base des efforts répétés de traction-flexion.

Ces déformations de type ornières croissent avec le trafic cumulé. Les efforts répétés de flexion dans la couverture bitumineuse entraînent des fissures isolées évoluant peu à peu vers un faïençage.

L'eau s'infiltrant facilement provoque des fissures, puis des nids de poule qui, laissés sans entretien, entraîneraient une destruction complète de la chaussée.



Chaussées souples:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (< 15 cm)
3. Matériaux granulaires non traités (20 à 50 cm)
4. Plate-forme support

Figure VIII.5. Structure type d'une Chaussée Souple (LCPC, 1994)

8.6.2 LES CHAUSSEES A ASSISES TRAITÉES AUX LIANTS HYDRAULIQUES OU SEMI-RIGIDES :

Elles sont constituées d'une couche de surface bitumineuse qui repose sur un corps traité aux liants hydrauliques (donc sujet à des contraintes de flexion-traction) disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de **20 à 50cm**. Lorsque les couches sont collées, la contrainte maximale de traction apparaît à la base de la couche de fondation. Sinon les couches travaillent toutes les deux en traction à leur base.

Les assises traitées aux liants hydrauliques sont sujettes aux phénomènes de retraites thermiques et de prise qui entraînent l'apparition de fissures qui, sans disposition constructive particulière, remontent à travers la couche de roulement et facilitent l'infiltration de l'eau à travers la chaussée ce qui a comme conséquence l'accroissement des contraintes à la base des matériaux liés et à a base du sol support.

Lorsque la surface de l'assise est mal protégée, la pénétration des eaux de surface peut entrainer des dégradations par attrition qui seront évolué rapidement en flaches avec faïençage puis des nids de poule.



Chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux (6 à 14 cm)
2. Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm)
3. Plate-forme support

Figure VIII.6. Structure type d'une Chaussée Semi-Rigide (LCPC, 1994)

8.6.3 LES CHAUSSEES EN BETON DE CIMENT :

Ces structures sont rarement utilisées en Algérie. Elles comportent une couche de béton de ciment éventuellement recouverte d'une mince couche de roulement en matériaux bitumineux. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (qui peut être en matériaux traités aux liants hydrauliques, en béton de ciment, ou drainante non traitée), soit directement sur le sol support avec, dans ce cas, interposition fréquente d'une mince couche bitumineuse. La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal ("béton armé continu"), ou discontinue avec ou sans éléments de liaison aux joints.

Le béton dispose d'un module de rigidité très élevés, les efforts générés par le trafic sont essentiellement repris en flexion par la couche de béton. La transmission des contraintes de compression est très faible à la base du sol support. Pour maîtriser la fissuration du béton, des dispositions constructives doivent être adoptés lors de la mise en œuvre ou la mise en place d'une cage d'armature.

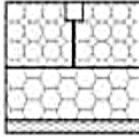
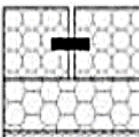
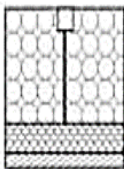
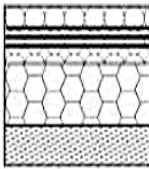

 <p>Dalles non goujonnées avec fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (20 à 28 cm) 2. Béton maigre (12 à 18 cm) ou matériaux traités aux liants hydrauliques (15 à 20 cm) 3. Plate-forme support 	 <p>Dalles goujonnées avec fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (17 à 23 cm) 2. Béton maigre (14 à 22 cm) 3. Plate-forme support
 <p>Dalles sans fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (28 à 39 cm) 2. Couche drainante (matériaux granulaires ou géotextiles) 3. Plate-forme support 	 <p>Béton armé continu (1):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (18 à 24 cm) 2. Béton maigre (12 à 14 cm) 3. Plate-forme support
 <p>Béton armé continu (2):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (18 à 24 cm) 2. Matériaux bitumineux d'assise (5 cm) 3. Sable traité aux liants hydrauliques (50 à 60 cm) 4. Plate-forme support 	

Figure VIII.7. Structure type d'une Chaussée Rigide (LCPC, 1994)

Remarque:

Pour notre projet on a choisi une « **Chaussée Souple** » car elle a autant d'avantage qui nous permettra l'utilisation des matériaux liants, de plus elle est plus économique.

8.7 METHODES DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES :

8.7.1 METHODES EMPIRIQUES :

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

Nous pouvons citer :

- ✓ La méthode CBR (California-Bearing-Ratio).

8.7.2 METHODES RATIONNELLES:

Ces Méthodes se basent sur la connaissance du sol des matériaux mise en place et du trafic envisager, elles font appel à des modèles mathématiques élaborés, ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacement à différents niveaux. Nous pouvons citer :

- ✓ Les Méthodes des Catalogues du Dimensionnement des Chaussées Neuves CTPP,
- ✓ Les Méthodes des Catalogues des Structures (Catalogue des Structures Type Neuf établie par SETRA).

Remarque :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre tronçon autoroutier Tiaret-Relizane, nous appliquerons deux méthodes qui sont : La Méthode dite CBR et la Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves. Ensuite nous les comparerons entre elles ces deux méthodes et Opter pour celle qui répondra aux exigences économique et sécuritaire.

8.8 ETUDE DE LA METHODE 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 sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la Théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + 150(\sqrt{P})}{I_{CBR} + 5}$$

En tenant compte de l'influence du trafic :

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

Avec :

- **e** : épaisseur équivalente.
- **N** : désigne le nombre moyen de plus de camion **1 500 kg à vide** ;

$$N = T_H \cdot \%PL$$

- **T_H** : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^n$$

- **T₀** : trafics actuel (v/j)
- **n** : année de prévision
- **P** : charge par roue **P = 6.5 t (essieu 13 t)**
- **Log** : logarithme décimal.

8.8.1 NOTION DE L'ÉPAISSEUR ÉQUIVALENTE :

La notion de l'épaisseur équivalente a été introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « **a** » appelé coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$E_q = \sum e \text{ (réelle)} \times a$$

- **ai** : Coefficient d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.
- **ei** : Épaisseur de chaque couche.

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

- **a1 × e1** : couche de roulement;
- **a2 × e2** : couche de base;
- **a3 × e3** : couche de fondation.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe **e1**, **e2** et on calcul **e3** tel que :

- **e1** : Couche de Roulement (C.R) **6 à 8 cm.**
- **e2** : Couche de Base (C.B) **10 à 25 cm.**
- **e3** : Couche de Fondation (C.F) **15 à 35 cm.**

Tableau ci-dessus indique les coefficients d'équivalences de chaque matériau :

Matériaux Utilisés	Coefficient D'équivalence « a »
Béton bitumineux ou Enrobe dense	2.00
Grave ciment – Grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou Gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
TUF	0.60

Tableau VIII.1. Coefficient d'équivalence pour chaque matériau

8.9 METHODES DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présentes sous forme des fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà prés calculés. L'utilisation du catalogue du dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement, 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 rationnelle qui se base deux approches :

- Approche Théorique.
- Approche Empirique.

8.10 APPLICATION AU PROJET :

8.10.1 MÉTHODE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO):

✓ **DONNEES DE L'ÉTUDE :**

- Année de comptage : **2015**
- $TJMA_{2015} = 11\ 651$ (V/J/2 sens)
- Mise en service : **2022**
- Durée de vie : **20 ans**
- Taux d'accroissement : $\tau = 4\%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 17,6\%$
- Coefficient d'agressivité : $A = 0,6$
- $I_{CBR} = 3,2$.

✚ **DETERMINATION DE : N_{PL2042}**

- $T_0 = TJMA_{2015} = 11\ 651$ (v/j/2sens) = 5 826 (v/j/sens)
- $N_{PL2022} = \frac{T_0}{2}(1+\tau)^7 \cdot \%PL = 5\ 826 \cdot (1+0,04)^7 \cdot 0,176 = 1\ 350$ (PL /j/sens).
- $N_{PL2042} = N_{PL2022} (1+\tau)^{20} = 1\ 350 \cdot (1+0,04)^{20} = 2\ 958$ (PL/j/sens).

$$\text{D'où : } N_{PL2042} = 2\ 958 \text{ (PL/j/sens).}$$

✓ **DETERMINATION DE L'ÉPAISSEUR EEQUIVALENTE :**

Nous avons un **C.B.R = 3.2**.

- $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000$ (t/ans) $\Rightarrow 11\ 651 \times 365 \times 1.5 = 6\ 378\ 922$ (t/ans) $> 100\ 000$ (t/ans).

Ainsi, on obtient l'épaisseur totale suivant la Théorie de BOUSSINESQ:

$$e = \frac{100+(\sqrt{P})(75+50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR}+5} = \frac{100+(\sqrt{6.5})(75+50 \log \frac{2958}{10})}{3.2+5} = 73,93 \approx 74 \text{ cm.}$$

D'où : $e_{equivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 74 \text{ cm.}$

Avec :

- ✓ Couche de Roulement en Béton Bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 8 = 16 \text{ cm.}$
- ✓ Couche de Base en Grave Bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 1.7 \times 20 = 34 \text{ cm.}$
- ✓ Couche de Fondation (e_3) en Grave Non traités (G.N.T) : aura pour épaisseur :

$e_3 = 74 - (16 + 34) = 24 \text{ cm} \Rightarrow a_3 \times e_3 = 1 \times 24 = 24 \text{ cm.}$

Remarque :

Pour notre tronçon autoroutier reliant Tiaret-Relizane et d'après la Méthode CBR, nous proposons la structure pour notre chaussée suivante:

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalence (cm)
BB	08	2.00	16
GB	20	1.70	34
GNT	24	1.00	24
TOTALE	52	-	74

Tableau VIII.2. Récapitulatifs des Épaisseurs Réelles et Équivalentes par CBR

 **CONCLUSION :**

Structure de la chaussée avec la méthode CBR :



Figure VIII.8. Les Épaisseurs des Couches par la Méthode CBR

8.10.2 METHODES DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

✓ **CLASSEMENT DE LA ROUTE DANS LE RESEAU PRINCIPAL :**

Le réseau routier national est décomposé comme suit :

❖ **Le Réseau Principal noté RP :**

Il se décompose des routes reliant :

- Les Chefs-lieux de wilaya.
- Les Ports, les Aérodomes et les Postes Frontaliers.
- Les Principales Agglomérations et Importantes Zones Industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- ✓ **Le Réseau Principal de niveau 1 (RP1) :** Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour.
- ✓ **Le Réseau Principal de niveau 2 (RP2) :** Liaisons supportant un trafic inférieur à

1500 véhicules /jour.

❖ **Le Réseau Secondaire noté RS :**

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

Remarque :

Pour notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane ; l'année de mise en service étant 2022 ⇒ $TJMA_{2022} = 15\ 332 (v/j) > 1\ 500 (v/j) ⇒$ **le Réseau Principal est RP1.**

✚ **DUREE DE VIE :**

La durée de vie fixée par niveau de Réseau Principal (**RP1**) et par type de matériaux est synthétisée dans (le tableau 4 du catalogue / fascicule 2 page 13), pour notre cas nous allons avoir une durée de vie de 20 ans .

Niveau de Réseau Principal (RPi)	Matériaux Types	Structures	Durée de Vie (années)
RP1(RN, Autoroute , CW)	MTB (Traités au Bitume)	GB/GB. GB/GNT . GB/TUF. GB/SG . GB/AG	20
	MTLH (traités aux liants hydrauliques)	GL/GL. Bcg/GC	20

Tableau VIII.3. Structures Types Disponibles dans le Dimensionnement

Remarque :

Pour notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane ; l'année de mise en service étant 2022 ⇒ $TJMA_{2022} = 15\ 332 (v/j) > 1\ 500 (v/j) ⇒$ **le Réseau Principal est RP1.** Et une structure de Chaussée constituée de **GB/GNT**, ainsi la durée de vie correspondante de notre projet est de : **20 ans.**

✚ **LES DONNEES CLIMATIQUES :**

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est-à-dire température équivalente (θ_{eq}), en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année. La région d'étude est située au nord-Ouest de l'Algérie, caractérisée par un climat très humides, d'une pluviométrie supérieure à **600 mm/an**. Alors d'après (le tableau 7 du catalogue/fascicule 2 page 15) :

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

Tableau VIII.4. Choix des Températures Équivalentes

Remarque :

Notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane est classé en **Zone II**, avec $\theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$.

✚ DONNEES DU TRAFIC :

✓ **DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC :**

Les classes de trafic (**TPL_i**) adoptées dans les « **fiches structures de dimensionnement** » est déterminée à partir du trafic poids lourds par sens, compté en moyenne journalière annuelle (**MJA**), pour la voie la plus chargée, à l'année de mise en service.

- $TJMA_{2022} = 15\ 332\ (v/j/2sens) = 7\ 666\ (v/j/sens)$.
- $TPL_{2022} = Z.TJMA_{2022} = 0,176 \times 7\ 666 = 1\ 350\ (PL/j/sens)$.

Le tableau (**VI.5**) donne par niveau de réseau les classes de trafic adoptées :

Classe de Trafic (TPL _i) (PL/J/sens)	<i>TPL₀</i>	<i>TPL₁</i>	<i>TPL₂</i>	<i>TPL₃</i>	<i>TPL₄</i>	<i>TPL₅</i>	<i>TPL₆</i>	<i>TPL₇</i>
RP1(RN, Autoroute , CW)	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1 500	1 500 à 3 000	3 000 à 6 000

Tableau VIII.5. Classes de trafic (TPL_i) Adoptées

✓ **REPARTITION TRANSVERSALE DU TRAFIC:**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à **3 voies**. « **D'après le catalogue Algérien du dimensionnement** », la répartition du poids lourd est de **80%** sur la voie de droite la plus chargée. Voir le tableau **VI.5** ci-dessus :

Types de Chaussées	Répartition Transversale du Trafic
Chaussées unidirectionnelles à 2 voies	90% du trafic PL sur la voie lente de droite
Chaussées unidirectionnelles à 3 voies	80% du trafic PL sur la voie lente de droite
Chaussées bidirectionnelles à 2 voies	50% du trafic PL
Chaussées bidirectionnelles à 3 voies	50% du trafic PL

Tableau VIII.6. Répartition Transversale du Trafic

Ainsi :

- $TPL_{2022} = 1\,350 \times 0,8 = 1\,080$ (PL/j/sens/voie plus chargée).

Remarque :

Notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane est situé dans un réseau principal RPI avec une **TPLi** située entre : $600 < TPLi = 1\,350 < 1\,500 \Rightarrow TPL_5$; répartie transversalement sur **1 080 (PL/j/sens/voie plus chargée)**.

✓ **TRAFFIC CUMULEE EQUIVALENT (TCEi) :**

Le **TCEi** est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de **13 tonnes** sur la durée de vie considérée.

$$TCEi = TPLi \times \frac{365 \times (1+\tau)^n - 1}{\tau} \times A$$

- **i** : taux de croissance du trafic (**0.04**) ;
- **A** : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence **de 13 tonnes**. En fonction de réseau principal **RPI** d'après le « Tableau de Catalogue Algérien du Dimensionnement des Chaussées Neuves », le coefficient d'agressivité **A = 0,6**.

Donc :

- $TCEi = 1\,080 \times \frac{365 \times (1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6 = 7.10^6$ (Essieux Equivalents de 13t).

Remarque :

Notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane regorge un **Traffic Cumulé de de 13 tonnes d'Essieux Équivalents**.

✓

✚ RISQUE DE CALCUL CONSIDERE :

Un risque (**r%**) sur une période de **x années** pris pour le dimensionnement de la chaussée, est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de ces **x années** des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée. Le risque de calcul (**r%**) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans (le tableau 5 du catalogue / fascicule 2 page 14).

	TPLi PI/j/s	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque	GB/GB. GB/GNT	20	15	10	5	2
(r%)	GL/GL	15	10	5	2	2

Tableau VIII.7. Risques en Fonction du Niveau de Trafic

Remarque :

Notre projet d'Autoroute Tiaret-Relizane regorge **un Risque de Calcul de 10%** ; d'après le « Tableau de Catalogue Algérien du Dimensionnement des Chaussées Neuves ».

✚ SOL SUPPORT DE CHAUSSEE :

✓ **DETERMINATION DES CLASSES DE PORTANCE DES SOLS :**

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice **CBR**. Les différentes catégories sont données par le tableau indiquant les classes de sols :

Portance (Si)	CBR	Interprétation
S4	< 5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	> 40	Très bonne portance

Tableau VIII.8. Déterminant la Classe du Sol

✓ **DETERMINATION DES CLASSES DE PORTANCE DU SOLS SUPPORT :**

Nous avons un indice de **CBR= 3.2**, donc la « **Portance du Sol Support est de S4** ». Nous devons donc prévoir une couche de forme en matériau non traité de **60 cm (en deux couches)**, pour améliorer la portance de sol support.

✓ **AMELIORATION DE LA PORTANCE DU SOL SUPPORT :**

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du **CBR** selon les différentes épaisseurs de **CF**, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la **CF**. Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant:

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Épaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau N.T	50cm (en 2c)	S3
S4	Matériau N.T	35cm	S3
S4	Matériau N.T	60cm (en 2c)	S2
S3	Matériau N.T	40cm (en 2c)	S2
S3	Matériau N.T	70cm (en 2c)	S2

Tableau VIII.9. Sur Classement des Sols Supports de Chaussées

✓ **CHOIX DES DIFFERENTES COUCHES DE LA CHAUSSEE**

• **PROPOSITION DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE :**

Pour notre cas on a un **CBR= 3,2** → **S4** ; à partir du sur classement des sols support (Tableau VI.8), « nous Proposons une Couche de Forme de **60cm de TUF** » pour améliorer la portance du sol support, cela veut dire obtenir un « **CBR compris entre 5 et 10** », ainsi nous allons apporter notre sol support de type « **S4 jusqu'à S3** ».

• **CHOIX DE DIMENSIONNEMENT :**

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, taux d'accroissement moyen (**4%**), portance du sol (**S4**) ramené à une portance du sol (**S3**) et une classe de trafic (**TPL5**). « le Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves » préconise une structure de



Figure VIII.9. Les Épaisseurs des Couches par la Méthode du Catalogue

Résumé : L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

Indice	METHODES	
	CBR	C.B.R (California–Bearing–Ratio)
3.20	8(BB)+20(GB)+24(GNT)+60TUFs	6(BB)+20(GB)+30(GNT)+60(TUFs)

Tableau VIII.10. Comparaison entre la Méthode C.B.R et la Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves.

8.10.3 CONCLUSION :

D'après la méthode ci-dessus, on remarque que la méthode **CBR**, nous donne le corps de chaussée plus économique et tout en sachant que cette méthode reste la plus utilisée en Algérie, donc nous choisirons les résultats obtenus dans cette dernière pour construire le corps de chaussée de notre projet.

CHAPITRE IX : ETUDE D'ASSAINISSEMENT

9.1 INTRODUCTION :

Lors de la réalisation de la plate-forme de notre tronçon autoroutier, tous les cours d'eau naturelle qui s'y trouvent sur son passage vont être coupés. Pour que cette plate-forme ait une pérennité prometteuse, et pour qu'elle puisse répondre à sa fonction, il faudra assurer une bonne évacuation des eaux souterraines, et un rétablissement des écoulements naturels coupés en surface.

9.2 ÉTUDES PREALABLES :

Une étude préalable s'avère nécessaire pour répondre aux questions suivantes :

- quel est le devenir des eaux de ruissellement pluviales recueillies ?
- comment limiter tout risque de dommage par inondations ?
- est-il possible de choisir une solution alternative mieux adaptée, plus économique que la mise en place de canalisations.

L'étude porte sur :

- la connaissance du terrain et des pratiques du voisinage,
- la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin (pluviométrie, localisation des écoulements des débits attendus, topographie, taux d'imperméabilisation),
- l'existence et la capacité de l'exutoire (débit maximum de rejet),
- la recherche des zones où il est possible d'infiltrer ou de prévoir des équipements de rétention (perméabilité des sols et sous-sols, propriétés mécaniques du sol sous l'influence de l'eau, fluctuation de la nappe, risque de pollution de la nappe),
- la qualité des eaux de ruissellement (si rejet dans un milieu naturel de bonne qualité).

9.3 ENJEUX MULTIPLES D'UN PROJET D'ASSAINISSEMENT :

Le projet d'assainissement d'une infrastructure autoroutière est conçu pour :

- Maintenir la continuité des écoulements naturels et superficiels des bassins versants interceptés par le projet ;
- Collecter et réguler les eaux superficielles issues de la plateforme (infrastructures et accotements) ;

- Lutter contre les pollutions chroniques et accidentelles d'origine routière.

L'Enjeu de l'Aménagement est :

- D'intégrer durablement l'infrastructure dans son environnement et garantir une circulation en toute sécurité ;
- De limiter son impact sur l'environnement, la ressource en eau et la biodiversité ;
- D'assurer une transparence hydraulique en rétablissant les écoulements naturels ;
- De piéger les polluants dus au lessivage des infrastructures par les pluies ;
- De protéger les milieux naturels et aquatiques (qualité piscicole des cours d'eau) ;
- De protéger les nappes phréatiques et les périmètres de protection des captages d'eaux potables ;
- De sauvegarder les continuités écologiques en permettant le passage de la faune.

9.4 DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES :**9.4.1 DEFINITION D'UN DRAIN :**

Tout conduit non étanche, souterrain ou à ciel ouvert (fossé, tranchée), collecteur et évacuateur par gravité de l'eau d'une partie de la zone saturée du sol ou du sous-sol jusqu'à une profondeur voulue. Au sens restreint désigne plus particulièrement un conduit enterré. (Par exemple, du béton poreux, des granulats entourés d'un géotextile « chaussette », des caniveaux drainants sont considérés comme **un drain**).

9.4.2 NECESSITE DU DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempent la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol. Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

9.4.3 PROTECTION CONTRE LA NAPPE PHREATIQUE :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si le niveau de la nappe phréatique est proche de la surface, la teneur en eau du sol tend vers un état d'équilibre dont dépend la portance finale. Lorsque cette dernière est faible, nous pourrons :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- de l'importance des problèmes de gel.
- de leurs coûts respectifs.

9.5 LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT :

9.5.1 BASSIN VERSANT :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

9.5.2 ASSAINISSEMENT DE LA PLATE-FORME :

L'assainissement des plateformes autoroutières comprend :

- Les ouvrages de collecte longitudinale ;
- Les ouvrages de collecte transversaux ;
- Les ouvrages de raccordement.

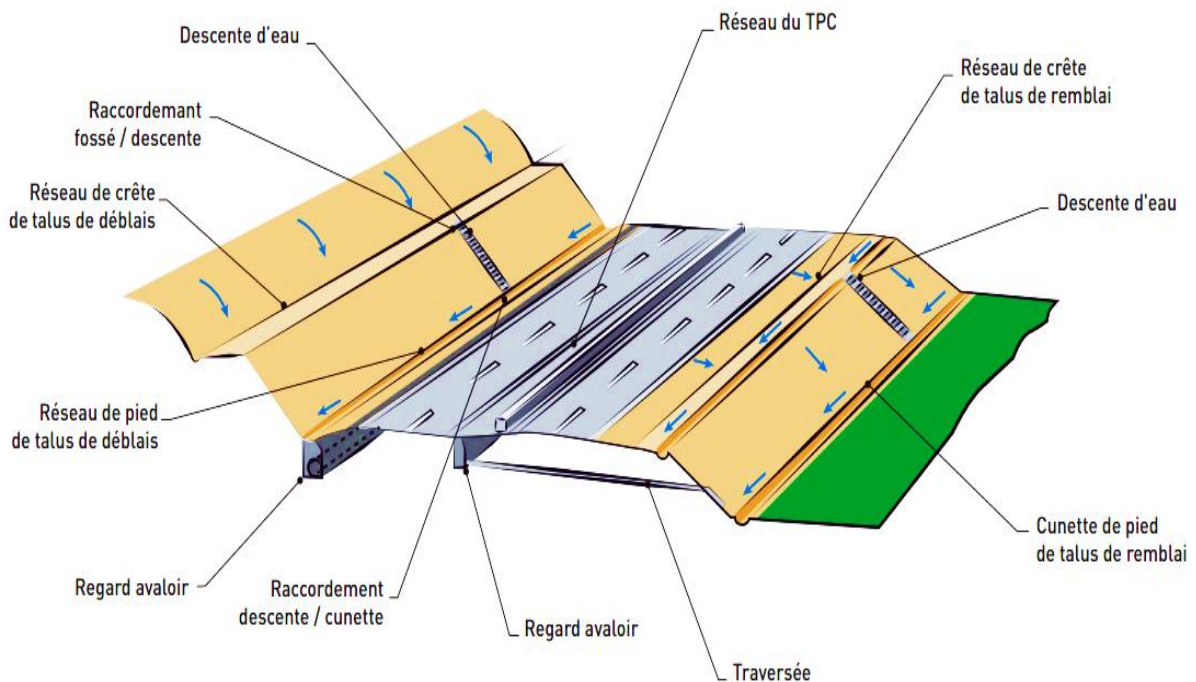


Figure IX.1. Réseaux d'Assainissement d'une Chaussée Routière

9.5.2.1 LES OUVRAGES DE COLLECTE LONGITUDINALE :

Les eaux de ruissellement provenant des plateformes et des talus doivent être collectées puis évacuées vers des bassins de rétention et éventuellement de dépollution. Les ouvrages de collecte sont disposés tout le long de l'infrastructure. Ils sont linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels, permettant l'écoulement des eaux de manière gravitaire.

On distingue cinq (5) types d'ouvrages de collecte longitudinal :

1. Fossés de Crête de Talus de Déblais :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la route, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et de les empêcher d'atteindre la plate-forme.

2. Fossés de Pied de Talus de Déblais :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale ou triangulaire .ils seront bétonnés lorsque la pente du profil en long dépasse les 3%.

3. L'Ouvrage de Terre-plein Central :

Il collecte dans le cas des plateformes autoroutières les eaux issues du Terre-Plein Central (TPC) et de la chaussée ;

4. Fossés de Crête de Talus de Remblai :

Il collecte les eaux de ruissellement issues de la plateforme pour éviter leur déversement sur le talus du remblai et donc éviter toute érosion de celui-ci ;

5. Fossés de Pied de Talus de Remblai :

Le fossé est, soit en terre ou en béton (en fonction de la vitesse d'écoulement des eaux). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate- forme et permet de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

9.5.2.2 LES OUVRAGES DE COLLECTE TRANSVERSAUX :

Les ouvrages transversaux permettent d'assurer l'écoulement d'un réseau longitudinal vers un autre. Les ouvrages transversaux projetés dans notre projet sont :

1. les Dalots.
2. les Passages Busés.

9.5.2.2.1 Les Dalots :

Les Dalots sont généralement carrés ou rectangulaires en béton armé constitués. Ils sont dimensionnés pour une période allant jusqu'à **50 ans** et adopté pour des débits dépassant **10m³/s**. Il existe :

- Les dalots ordinaires ;
- Les dalots cadres ;
- Les dalots portiques.

Les dalots sont constitués par :

- Un radier sous lequel repose l'ouvrage ;
- Piédroits ;
- Deux murs de tête ;
- Quatre murs en aile en amont et en aval ;

- Les remblais d'accès.

9.5.2.2.2 Les Buses :

Les Buses sont des ouvrages hydrauliques qui jouent le même rôle que les dalots, mais utilise. Elles sont construites aussi en béton armé, en maçonnerie ou même en charpente métallique et sont dimensionnées pour une période allant jusqu'à **10 ans**.

9.5.2.3 OUVRAGES DE RACCORDEMENT :

Il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal ; leur bonne exécution dépend du bon fonctionnement du système d'assainissement et de sa pérennité. Le plus souvent, ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés en place. Il s'agit des :

- **Regards de Visite** : nécessaires pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.
- **Regards Avaloirs** : servant à l'engouffrement des eaux.
- **Têtes de Buse** : pour l'entonnement des eaux et le maintien des terres.
- **Divers Raccordements** : bourrelets /descentes, descentes/fossés,

9.6 ÉTUDE HYDROLOGIQUE :

L'étude hydrologique consiste en la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds et talwegs de notre site doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (**Ponts, Dalot et Buses...**). Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement pour y arriver à savoir :

- Méthode superficielle ou celle de Caquot ;
- Méthode rationnelle ;
- Méthode linéaire.

9.6.1 METHODES DE CAQUOT :

C'est une méthode qui détermine les débits de pointe en se basant sur les caractéristiques hydrologiques du sous bassin versant. Elle est utilisée pour des bassins versants qui admettent une superficie plus grande que **200 ha**. Elle est donnée par la formule suivante qui est celle de Caquot :

$$Q = 550 \times I^{0.275} C^{1.15} \times A^{0.76}$$

- **Q** : Débit de pointe (l/s) ;
- **A** : Aire de bassin versant (ha) ;
- **C** : Coefficient de ruissellement ;
- **I** : Pente moyenne sur le développement total du parcours de l'eau.

Lorsque le bassin versant comporte des surfaces $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$, les coefficients de ruissèlements respectifs sont C_1, C_2, C_3, C_n , alors le coefficient pondéré est donné par la formule qui suit :

$$C = \frac{C_1 \times S_1 + C_2 \times S_2 + C_3 \times S_3 + \dots + C_n \times S_n}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n} = \frac{\sum C_n \times S_n}{\sum S_n}$$

9.6.2 METHODES RATIONNELLE :

Cette méthode est utilisée pour les petits bassins et évalue le débit à l'aide de la formule suivante :

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

Les dimensions qui seront retenues pour l'ouvrage sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$Q_a < Q_s$$

- **Q_a** : Débit de la crue décennale (en m³/s) ;
- **Q_s** : débit de saturation ;
- **K** : Coefficient en fonction des unités utilisées ;
- **A** : Surface du bassin versant (km²) ;
- **I** : Intensité moyenne de pluie ou de l'averse de fréquence donnée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h) ; **C** : Coefficient de ruissellement.

❖ Coefficient de ruissellement (C) :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombant sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale. Voir le tableau IX.1 suivant :

Type de Chaussée	C	Valeurs Prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou 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

Tableau IX.1. Les Coefficients de Ruissellement (C)

❖ L'Intensité de la Pluie ou de l'Averse :

L'intensité de l'averse ou de la pluie (I) est donné par :

$$I_t = i \times \left(\frac{T_c}{24}\right)^\beta \quad \text{avec } \beta = b-1$$

❖ L'intensité horaire :

L'intensité horaire est déterminée par la formule qui suit :

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

Avec :

★ **Formule de Venturi lorsque : $A < 5 \text{ km}^2$: $t_c = 0.127 \times \sqrt{\left(\frac{A}{P}\right)}$**

★ **Formule de Passini lorsque : $5 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = 0.108 \times \frac{\sqrt{(A \times L)}}{\sqrt{P}}$**

★ **Formule de Giandothi lorsque : $25 \leq A < 25 \text{ km}^2$: $t_c = \frac{1.5 \times L + \sqrt{A}}{0.8 \sqrt{H}}$**

- **I = P (%) / 24** (L'intensité horaire) ;
- **b** : l'exposant climatique ;
- **I** : l'intensité horaire pour une durée **1h** ;
- **It** : l'intensité de l'averse en **(mm/h)** ;
- **Tc** : Temps de concentration obtenu à l'aide des formules ci-dessous en fonction de la superficie de bassin versant (BV) :
 - **i** : Intensité de la pluie **(mm/h)** ;
 - **t_c** : Temps de concentration **(heure)** ;
 - **P(t)** : Hauteur de la pluie de durée **t_c (mm)**.

La surface du bassin versant (**A**) est celle de l'assiette de l'autoroute et les surfaces du bassin versant du terrain naturel.

❖ Le Débit de Saturation :

Le calcul du débit de saturation (**Q_s**) est déterminé par la formule de **Manning Strickler** :

$$Q_s = V * S_u \quad \text{et} \quad V = K_{st} \times I^{1/2} \times R^{2/3}$$

- **K_{st}** : Coefficient de rugosité ou coefficient de STRICKLER est pris :
 - KST = 70 pour les dalots.
 - KST = 80 pour les buses.
- **I** : Pente longitudinale de l'ouvrage ;
- **R** : Rayon hydraulique est égale à la section mouillée sur le périmètre mouillé : **RH = S / P**
- **St** : Section totale de l'ouvrage ;
- **Su** : Section utile de l'ouvrage est égale à : **b × Hu** avec **Hu** : Hauteur utile.

9.6.3 METHODE LINEAIRE :

Elle permet avec une manière plus simple que celle de Caquot de suivre la progression des débits à prendre en compte le long d'une voie. La formule sur laquelle repose l'application de cette méthode résulte d'une correction reconnue entre le coefficient de ruissèlement et la densité des voies des voies. Elle est indiquée par la formule suivante :

$$C^{1.15} = 0.56 \times \left(\frac{L}{2A} \right)^{0.75} \times \mu$$

- **L** : Longueur des voiries (**Km**) ;
- **μ** : Facteur d'imperméabilité tenant compte de l'état de saturation de la zone considérée.
- **A** : Surface en hectare de la zone considérée.

Alors le débit sera établi comme suit :

$$Q = 550 \times I^{0.275} \times 0.56 \times \left(\frac{L}{2A} \right)^{0.75} \times \mu \times A^{0.76}$$

La formule suivante est proposée pour le facteur d'imperméabilité :

$$\mu = 0.02 \frac{h}{\tau} \times \frac{1}{R^{1/8}}$$

- $\frac{h}{\tau}$: Densité de la population par kilomètre de rue dans la zone considérée ;
- **R** : Longueur totale de la voie.

9.7 APPLICATION AU PROJET :

Soient les Ouvrages Utilisés le long de la Chaussée Projetée d'Après le Logiciel Autopiste en fonction des PK par rapport à l'Origine du Projet :

Tableau IX.2. Propositions des Ouvrages Hydrauliques du Projet

Ouvrages Hydrauliques	PK par rapport à l'Origine du Projet	Diamètres Proposés (m)
Dalot	PK30+705	
Buse	PK31+891	1000
Dalot	PK33+384	-
Buse	PK33+610	1000
Dalot	PK34+020	-
Ouvrages d'Art	PK34+561	-
Buse	PK34+861	1000

CHAPITRE X : SIGNALISATION

10.1 INTRODUCTION :

L'importance du rôle de la signalisation routière s'accroît avec le développement de la circulation. Bien conçue et réalisée, elle réduit les causes d'accident et facilite la circulation. Insuffisante, trop abondante ou impropre, elle est facteur de gêne et d'insécurité. Ce chapitre traite des installations reliées à la sécurité du trafic, aux opérations autoroutières et aux informations pour les usagers.

10.2 ROLE DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

- De rendre plus lisible et plus sûre la circulation routière ;
- De faciliter cette circulation ;
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

10.3 CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

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

10.4 REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

10.5 TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

10.5.1 SIGNALISATION VERTICALE:

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

10.5.1.1 SIGNAUX DE DANGER :

- Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

10.5.1.2 SIGNAUX COMPORTANT UNE PRESCRIPTION ABSOLUE :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

10.5.1.3 SIGNAUX A SIMPLE INDICATION:

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

10.5.1.4 SIGNAUX DE POSITION DES DANGERS:

- Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

En Résumé :

La **Signalisation Verticale** prévient des dangers, donne des indications sur la conduite. Les panneaux sont classés selon leur forme et leur couleur (**Triangle-Danger**, **Rond Rouge et Blanc-Interdiction** ; **Rond Bleu et Blanc-Obligation**).





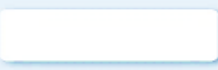

FORME	COULEUR	ANNONCÉ À	SIGNIFIE
	Rouge et blanc	50 m en agglomération, 150 m en dehors	Danger
	Rouge et blanc	À l'endroit	Ordre, interdiction ou prescription
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit	Obligation
	Bleu foncé et blanc	À l'endroit ou avant en fonction des besoins	Indication
	Blanc	À l'endroit	Localisation
	Vert ou bleu	À l'endroit où il faut changer de direction	Direction

Figure X.1. Schéma récapitulatif de la logique des panneaux

10.5.2 SIGNALISATION HORIZONTALE :

La **Signalisation Horizontale** a pour but le marquage et d'indiquer sans ambiguïté :

- les parties réservées à certaines catégories d'usagers (piétons, bus, voitures, vélos) ;
- les différents sens de la circulation ;
- la conduite à observer sur la voie.

Elle se divise en trois types :

10.5.2.1 MARQUAGE LONGITUDINAL :

✓ Lignes continues :

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

✓ Lignes discontinues :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- **lignes axiales ou lignes de délimitation de voie** : pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalle.
- **lignes de rive** : les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalle.
- **ligne d'avertissement de ligne continue** : les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

✓ **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur périodique de **13 m**. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de Marquage	Type de Modulation	Longueur du Trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapport Pleins/Vides
Axial	T1	3,00	10,00	1/3
Longitudinal	T'1	1,50	5,00	1/3
	T3	3,00	1,33	3
Rive	T2	3,00	3,50	1
	T'3	20,00	6,00	3
	T4	39,00	13,00	3
Transversal	T'2	0,50	0,50	3

Tableau X.1. Modulations des Lignes Discontinues.

✦ **Marquage de Chaussée :**

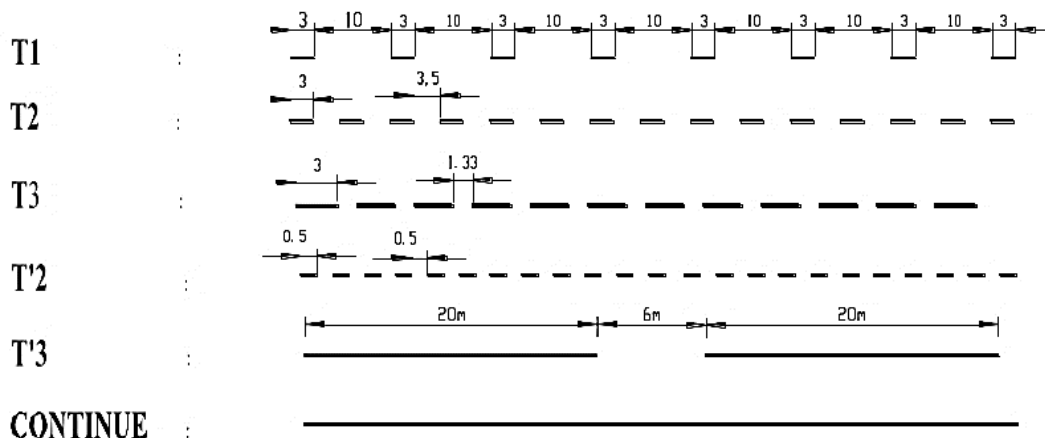


Figure X.2. Démonstration des Modulation

- **T1:** Ligne de guidage ou délimitation des voies normales de circulation de même sens. (Largeur l=15cm).
- **T2:** Ligne utilisée pour délimiter les rives de la chaussée (largeur l=18cm).
- **T3:** Ligne de délimitation des voies d'insertion, les voies TAG, TAD (largeur l=18cm).
- **T'2:** Ligne transversale (Cédez le Passage, largeur l= 30cm).
- **T'3:**Ligne utilisée pour délimiter les rives dans les rives de carrefours, (Largeur =18cm).
- **Ligne continue :** Qui est infranchissable et dont la largeur est de l= 18cm devant les îlots Directionnels.

10.5.2.2 MARQUAGE TRANSVERSAL :

✓ **Lignes transversales continue :**

- Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

✓ **Lignes transversales discontinue :**

- Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

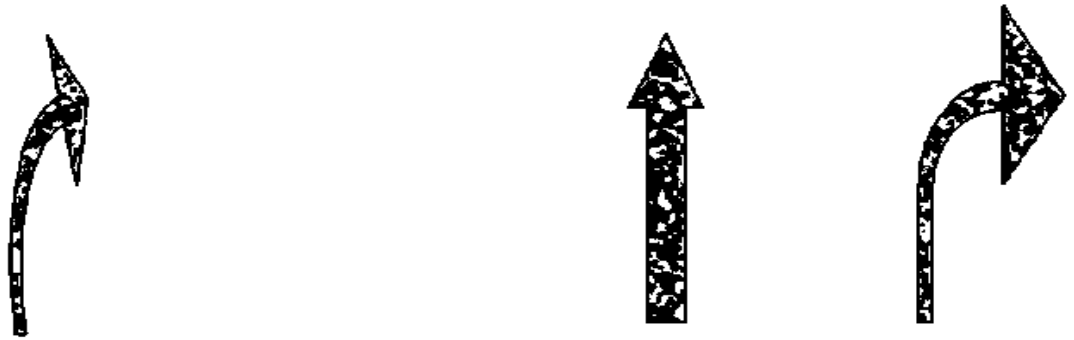
10.5.2.3 AUTRE MARQUAGE :

✓ **Flèches Directionnelles :**

Elles facilitent le placement sur la chaussée quand le conducteur a choisi sa direction.

✓ **Les Flèches de Rabattement :**

Les flèches de rabattement, elles signalent au conducteur qu'il doit emprunter la voie qu'elles indiquent, elle se trouve sur la ligne d'annonce légèrement incurvées.

**Flèche de rabattement****Flèches de sélection****Figure X.3. Fleche de Signalisation****10.5.2.4 CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES:**

Le **blanc** est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'**orange** pour les marques provisoires.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « **U** » différente suivant le type de route, à savoir :

- **U = 7.5 cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines « trafic > 3000 v/j ».
- **U = 5 cm** pour les autres routes.

Remarque :

Pour notre Projet d'Autoroute Tiaret-Relizane, nous avons : **u = 7,5 cm**, donc les largeurs des lignes pour les trois types sont :

- L (Largeur 2u) = 15 (7,5x2)m pour le **Type 1** ;
- L (Largeur 3u) = 22,5 (7,5x3)m pour le **Type 2** ;
- L (Largeur 5u) = 37,5 (7,5x5)m pour le **Type 3**.

10.5.3 CATEGORIES DE PANNEAUX :

1. Panneaux de danger ; (**type A**) triangle équilatéral, pointe en haut.
2. Signaux de réglementation, se subdivisant en :
 - ✓ signaux de priorités (**type B**)
 - ✓ signaux d'intersection ou de restriction (**type C**)
3. signaux d'obligation (**type D**).

En Résumé :

- La **Signalisation Horizontale** concerne le marquage au sol.
- Il existe différents types de marquages au sol (**lignes, dessins, flèches, inscriptions sur la chaussée**).
- Le marquage au sol existe en différentes couleurs selon l'information à communiquer.
- Le marquage au sol « **jaune** » prévaut sur le « **blanc** », donc il faut le respecter en priorité.
- Il existe des lignes au milieu de la chaussée (pour indiquer les voies de circulation) et celles qui séparent l'accotement de la chaussée.
- La **longueur des lignes** peut indiquer le type de route où vous vous trouvez à un moment donné (la ligne d'annonce par exemple).
- Ce n'est pas parce que la **ligne médiane est discontinue** que vous pouvez forcément la franchir ; il faut faire attention à la signalisation verticale.
- Les **flèches** inscrites sur la chaussée indiquent une direction à suivre.

10.6 APPLICATION AU PROJET :

Les différents types de panneaux de signalisation généralement utilisés pour notre étude sont les suivants :

10.6.1 SIGNALISATION VERTICALE :

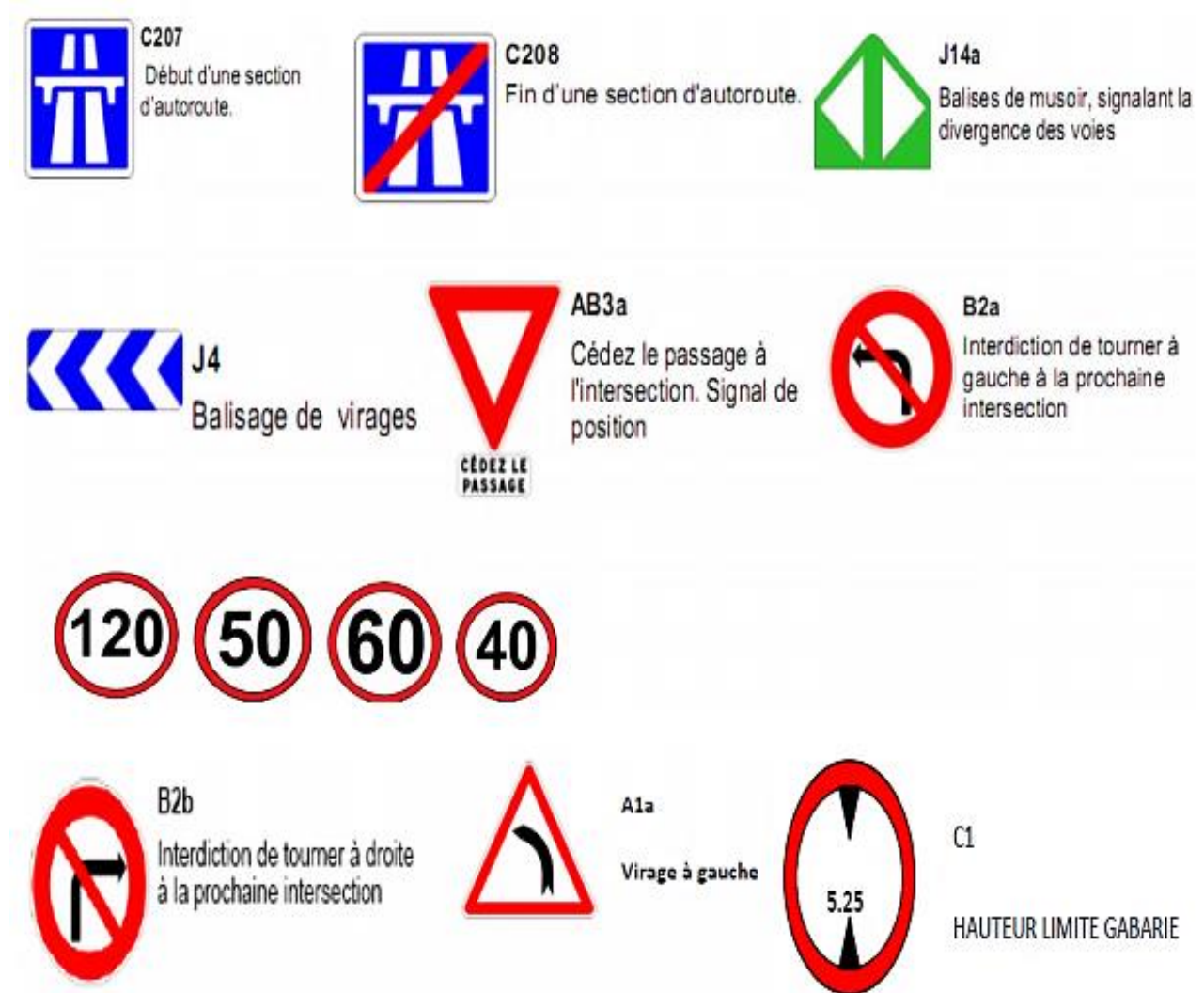


Figure X.4. Les Signalisation verticales Appliquées à la Chaussée Projetée

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

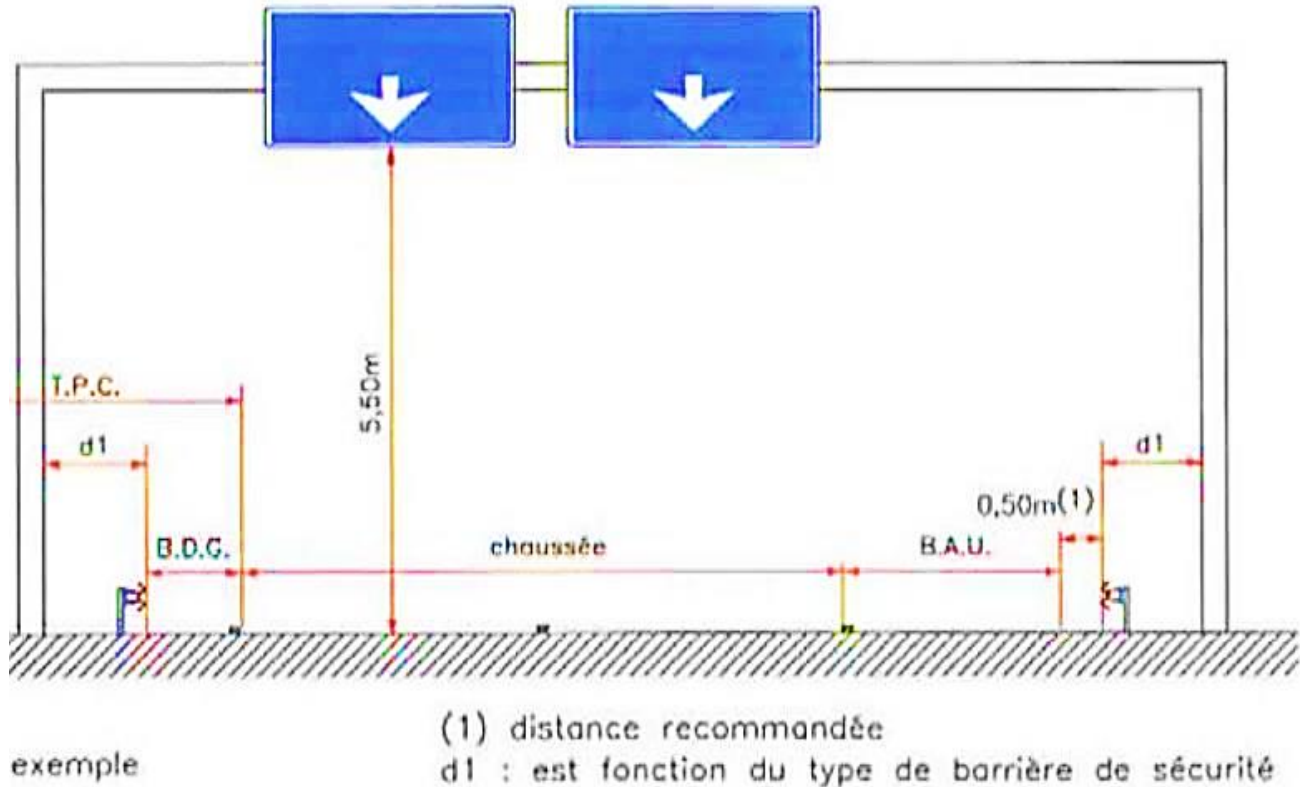


Figure X.5. Panneaux de Direction sur AutoRoute

D’une façon générale, ce type de signalisation ci-dessus sera mis en place sur des portiques indiquant les différentes directions (les centres urbains proches et les grandes villes et wilayas limitrophes). Le gabarit sous portique sera de 5,50 m de sécurité

10.6.2 SIGNALISATION HORIZONTALE :

✓ **LES LIGNES :**

✓ **Les Lignes Médiannes (Milieu de la Chaussée) :**

Il est « **interdit** » de franchir une ligne continue pour dépasser ou changer de direction :

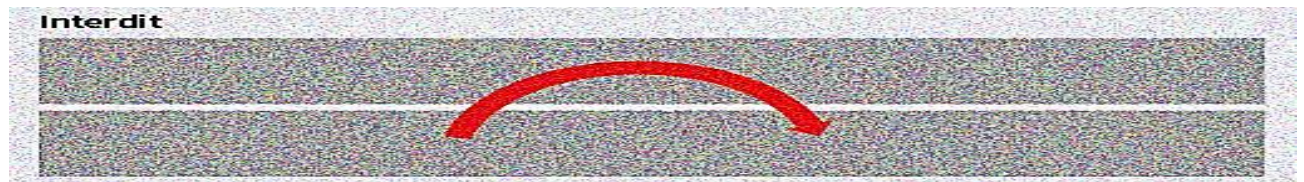


Figure X.6. Franchissement de la ligne continue est interdit

Il est « **autorisé** » de franchir la ligne discontinue pour dépasser ou changer de direction.

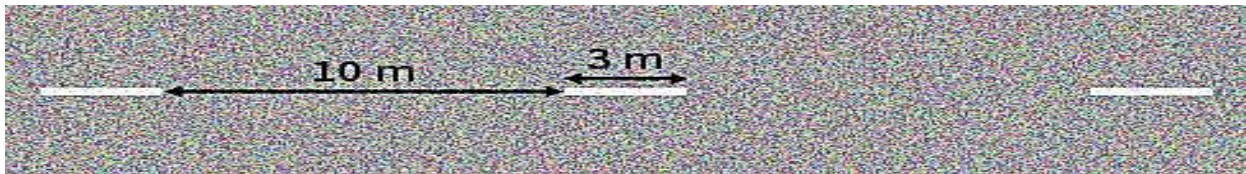


Figure X.7. La ligne médiane discontinue et sa longueur des traits et intervalles

✓ **Lignes de Rive (Lignes de Bord de Route) :**

Ces lignes peuvent être « **Discontinues et Continues** ». Tandis « **qu'il est interdit** » de franchir ces dernières. Sur **Autoroute** (Notre cas précisément), elle délimite la bande d'arrêt d'urgence (**BAU**). Il s'agit de la voie qui est la plus à droite. Il est autorisé de la franchir **seulement en cas extrême**.

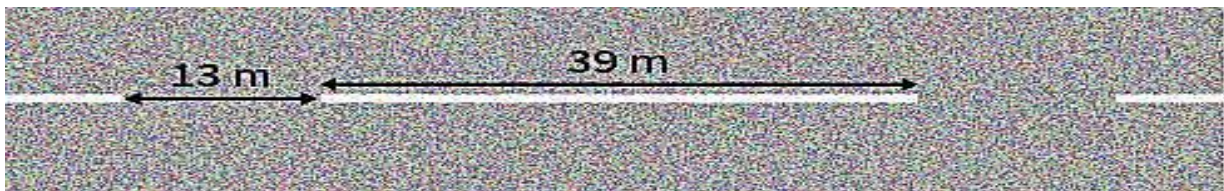


Figure X.8. Ligne de rive sur autoroute

En gros, nous avons sur la figure X.9. l'ensemble des lignes délimitant les Voies du tracé de la Chaussée Projetée de notre projet

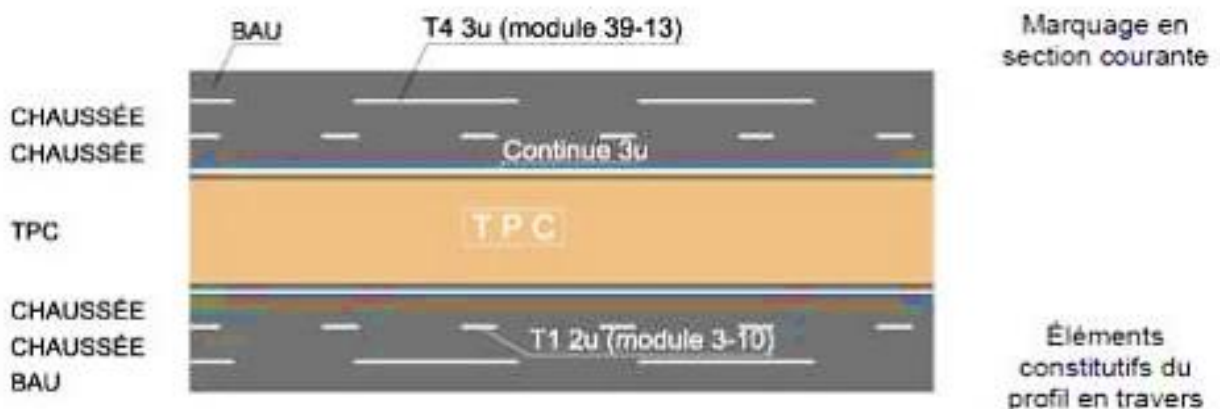


Figure X.9. Les lignes délimitant les voies du Tracé

✓ **Lignes Transversales :**

Les « **Lignes Transversales Rectangulaires** » peuvent aussi être continues ou discontinues. Nous pourrions les franchir, mais à condition de respecter la signalisation verticale à savoir :

- **Ligne STOP (Lignes d'Arrêt) :** C'est une ligne continue qui oblige les usagers de

marquer un arrêt, **largeur = 50 cm** ;

- **Lignes Transversales Discontinue (Lignes Céder le Passage)** : Éventuellement tracées à la limite ou le conducteur doit ralentir pour céder le passage à droite et à gauche, l'arrêt n'est pas obligatoire si le passage ne constitue pas de gêne pour les autres usagers de la route.

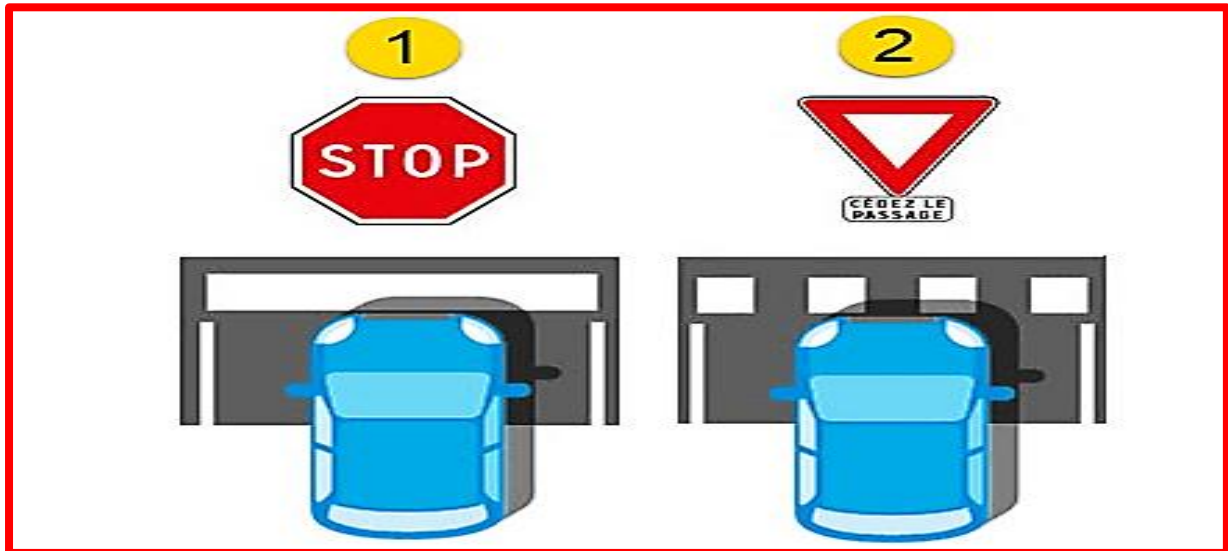


Figure X.10. Lignes Transversales - Stop et Cédez le Passage

CONCLUSION GENERALE

Dans notre démarche d'étude en APS et APD de la Liaison-Autoroutière Tiaret-Relizane sur 5 kms, nous avons essayé de respecter strictement toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut négliger en prenant de manière plus conséquente, en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Cette étude d'APS et d'APD nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et le management de la concertation en Amont jusqu'à la faisabilité des Projets Routiers et Autoroutiers, mais aussi en acquérir de nouvelles de nouvelles connaissances en ce sens dans le patrimoine des Infrastructures Routières et Autoroutières.

Ce projet de fin d'étude nous a été plus qu'utile dans l'approfondissement de nos savoir-faire vis-à-vis de l'outil Informatique en l'occurrence, les « Logiciels Google earth Pro, Autopiste, Autocad et Covadis ».

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- ✓ Site officiel de la wilaya www.wilaya-Tiaret.dz, 2014).
- ✓ Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANIREF).
- ✓ Monographie de la wilaya de Tiaret.
- ✓ Études d'impacts sur l'environnement du projet de construction de l'autoroute Fès-Oujda, résumé non technique, Maroc 2006.
- ✓ Avant-Projet Consolidé Schéma National D'infrastructures De Transport (Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer, janvier 2011.
- ✓ B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- ✓ Cours Licence3 Route (Monsieur BEKKI).
- ✓ Cours Route Tome I.
- ✓ Cours de Routes I – NEHAOUA 2013.
- ✓ (PFE) Projet de Fin de Cycle Licence 3 (Monsieur SAOULA).
- ✓ M.HIMMI, Directeur du Centre National d'Études et de Recherches routière CNER, Trafic Routier.
- ✓ Cours Route Master 1 (Monsieur ABBADA GHENAM).
- ✓ Tracé Routier, Cours de École Hassania des Travaux Publics, édition 2010.
- ✓ ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ✓ M.ROBERT (J.F.LAFON), cours de routes, Matériaux durabilité des chaussées Master 2 Génie Civil, Tome1 et Tome 2, Université Paul Sabatier, édition 2011.
- ✓ Guide des Terrassements Routier GTR.
- ✓ Collection Technique CIMBETON, Terrassements et assises de chaussées : Traitement des sols aux liants hydrauliques, 148 P. Novembre 2009.
- ✓ GTR : Guide Technique Routière, réalisation des remblais et des couches de formes fascicule II, Septembre 1992.
- ✓ Guide de Conception Routières Volume A du Royaume du Maroc Décembre 2008.
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(C.T.T.P).
- ✓ Structures et revêtements de voirie Guide technique Nantes Métropole.
- ✓ Guide Technique de conception des structures de chaussées, SETRA, LCPC, édition 1998.

- ✓ Denis St-Laurent, ing. M.Sc , le dimensionnement des structures de chaussées souples Université de Sherbrooke, édition 11 mars 2010.
- ✓ M.ROBERT (J.F.LAFON), cours de routes, Matériaux durabilité des chaussées Master 2 Génie Civil, Tome1 et Tome 2, Université Paul Sabatier, édition 2011
- ✓ SETRA (Recommandation pour l'Assainissement Routier).
- ✓ ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques) .
- ✓ Cerema- le Dimensionnement des Réseaux d'Assainissement pour les Agglomérations 2014.
- ✓ Instruction Interministérielle Sur La Signalisation Routière-Partie 7 – Marques Sur Chaussées.
- ✓ Instruction Interministérielle Sur La Signalisation Routière.
- ✓ Logiciels : Autopiste 2013 ; Covadis, Autocad 2013, Google earth.
- ✓ Moteurs de recherches : (INTERNET).

ANNEXES

Cubatures Déblai Remblai de la Chaussée Projetée :

Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
1	0.000	15.00	916.36	0.00	13745.346	0.000	13745	0
2	30.000	30.00	988.60	0.00	29658.032	0.000	43403	0
3	60.000	30.00	999.44	0.00	29983.087	0.000	73386	0
4	90.000	30.00	984.05	0.00	29521.376	0.000	102908	0
5	120.000	30.00	941.94	0.00	28258.135	0.000	131166	0
6	150.000	30.00	794.96	0.00	23848.880	0.000	155015	0
7	180.000	30.00	569.16	0.00	17074.924	0.000	172090	0
8	210.000	30.00	453.01	0.00	13590.308	0.000	185680	0
9	240.000	30.00	339.12	0.00	10173.555	0.000	195854	0
10	270.000	30.00	230.90	0.00	6927.081	0.000	202781	0
11	300.000	30.00	126.76	0.00	3802.873	0.000	206584	0
12	330.000	30.00	2.49	21.61	74.712	648.399	206658	648
13	360.000	30.00	0.00	202.42	0.000	6072.494	206658	6721
14	390.000	30.00	0.00	395.12	0.000	11853.739	206658	18575
15	420.000	30.00	0.00	462.93	0.000	13887.874	206658	32463
16	450.000	30.00	0.00	424.91	0.000	12747.221	206658	45210
17	480.000	30.00	0.00	380.45	0.000	11413.612	206658	56623
18	510.000	30.00	0.00	355.56	0.000	10666.722	206658	67290
19	540.000	30.00	0.00	468.40	0.000	14051.903	206658	81342
20	570.000	30.00	0.00	715.46	0.000	21463.720	206658	102806
21	600.000	30.00	0.00	927.56	0.000	27826.669	206658	130632
22	630.000	30.00	0.00	1073.35	0.000	32200.360	206658	162833
23	660.000	30.00	0.00	1146.18	0.000	34385.403	206658	197218
24	690.000	30.00	0.00	1115.67	0.000	33470.087	206658	230688
25	720.000	30.00	0.00	993.25	0.000	29797.549	206658	260486
26	750.000	30.00	0.00	807.31	0.000	24219.239	206658	284705
27	780.000	30.00	0.00	558.47	0.000	16754.185	206658	301459
28	810.000	30.00	0.00	361.50	0.000	10845.066	206658	312304
29	840.000	30.00	0.00	248.91	0.000	7467.297	206658	319772
30	870.000	30.00	0.00	177.94	0.000	5338.216	206658	325110
31	900.000	30.00	0.00	129.18	0.000	3875.414	206658	328985
32	930.000	30.00	0.00	96.52	0.000	2895.589	206658	331881
33	960.000	30.00	0.00	66.86	0.000	2005.685	206658	333886
34	990.000	30.00	1.69	34.69	50.659	1040.656	206709	334927
35	1020.000	30.00	73.76	0.00	2212.676	0.000	208922	334927
36	1050.000	30.00	232.93	0.00	6987.842	0.000	215909	334927

37	1080.000	30.00	407.95	0.00	12238.634	0.000	228148	334927
38	1110.000	30.00	432.25	0.00	12967.518	0.000	241116	334927
39	1140.000	30.00	395.54	0.00	11866.323	0.000	252982	334927
40	1170.000	30.00	359.52	0.00	10785.654	0.000	263768	334927
41	1200.000	30.00	300.83	0.00	9024.788	0.000	272792	334927
42	1230.000	30.00	219.35	0.00	6580.402	0.000	279373	334927
43	1260.000	30.00	147.19	0.00	4415.626	0.000	283788	334927
44	1290.000	30.00	82.15	0.00	2464.409	0.000	286253	334927
45	1320.000	30.00	45.26	0.00	1357.869	0.000	287611	334927
46	1350.000	30.00	11.43	0.00	342.766	0.000	287953	334927
47	1380.000	30.00	0.00	38.74	0.000	1162.152	287953	336089
48	1410.000	30.00	0.00	94.57	0.000	2837.197	287953	338926
49	1440.000	30.00	0.00	155.88	0.000	4676.210	287953	343603
50	1470.000	30.00	0.00	222.77	0.000	6682.800	287953	350285
51	1500.000	30.00	0.00	295.33	0.000	8859.609	287953	359145
52	1530.000	30.00	0.00	372.84	0.000	11185.210	287953	370330
53	1560.000	30.00	0.00	418.85	0.000	12567.100	287953	382897
54	1590.000	30.00	0.00	453.87	0.000	13617.646	287953	396515
55	1620.000	30.00	0.00	510.24	0.000	15309.029	287953	411824
56	1650.000	30.00	0.00	532.55	0.000	15978.240	287953	427802
57	1680.000	30.00	0.00	518.41	0.000	15553.821	287953	443356
58	1710.000	30.00	0.00	504.76	0.000	15144.079	287953	458500
59	1740.000	30.00	0.00	488.37	0.000	14652.398	287953	473153

Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
60	1770.000	30.00	0.00	472.24	0.000	14168.421	287953	487321
61	1800.000	30.00	0.00	456.62	0.000	13699.769	287953	501021
62	1830.000	30.00	0.00	441.50	0.000	13246.151	287953	514267
63	1860.000	30.00	0.00	426.88	0.000	12807.279	287953	527074
64	1890.000	30.00	0.00	422.80	0.000	12683.586	287953	539758
65	1920.000	30.00	0.00	454.97	0.000	13646.951	287953	553405
66	1950.000	30.00	0.00	468.75	0.000	14061.885	287953	567467
67	1980.000	30.00	0.00	462.11	0.000	13863.071	287953	581330
68	2010.000	30.00	0.00	447.17	0.000	13414.962	287953	594745
69	2040.000	30.00	0.00	432.94	0.000	12987.800	287953	607732
70	2070.000	30.00	0.00	396.91	0.000	11906.762	287953	619639
71	2100.000	30.00	0.00	360.13	0.000	10803.502	287953	630443
72	2130.000	30.00	0.00	327.24	0.000	9816.969	287953	640260
73	2160.000	30.00	0.00	297.70	0.000	8930.621	287953	649190
74	2190.000	30.00	0.00	269.40	0.000	8081.757	287953	657272
75	2220.000	30.00	0.00	240.96	0.000	7228.820	287953	664501
76	2250.000	30.00	0.00	209.31	0.000	6279.467	287953	670780
77	2280.000	30.00	0.00	174.95	0.000	5248.736	287953	676029
78	2310.000	30.00	0.00	139.95	0.000	4198.575	287953	680228

79	2340.000	30.00	0.00	109.17	0.000	3275.331	287953	683503
80	2370.000	30.00	0.00	89.07	0.000	2672.176	287953	686175
81	2400.000	30.00	0.00	80.37	0.000	2410.996	287953	688586
82	2430.000	30.00	0.00	70.92	0.000	2127.659	287953	690714
83	2460.000	30.00	0.00	57.67	0.000	1729.974	287953	692444
84	2490.000	30.00	0.00	33.88	0.000	1015.643	287953	693459
85	2520.000	30.00	5.80	0.91	174.293	27.252	288128	693487
86	2550.000	30.00	40.21	0.00	1206.657	0.000	289334	693487
87	2580.000	30.00	78.83	0.00	2365.033	0.000	291699	693487
88	2610.000	30.00	119.59	0.00	3587.605	0.000	295287	693487
89	2640.000	30.00	160.86	0.00	4825.851	0.000	300113	693487
90	2670.000	30.00	188.23	0.00	5646.974	0.000	305760	693487
91	2700.000	30.00	204.56	0.00	6136.661	0.000	311897	693487
92	2730.000	30.00	213.05	0.00	6391.513	0.000	318288	693487
93	2760.000	30.00	213.95	0.00	6418.486	0.000	324707	693487
94	2790.000	30.00	205.73	0.00	6171.839	0.000	330878	693487
95	2820.000	30.00	206.98	0.00	6209.338	0.000	337088	693487
96	2850.000	30.00	216.68	0.00	6500.546	0.000	343588	693487
97	2880.000	30.00	232.53	0.00	6975.994	0.000	350564	693487
98	2910.000	30.00	243.56	0.00	7306.895	0.000	357871	693487
99	2940.000	30.00	245.28	0.00	7358.366	0.000	365230	693487
100	2970.000	30.00	232.34	0.00	6970.137	0.000	372200	693487
101	3000.000	30.00	203.82	0.00	6114.713	0.000	378314	693487
102	3030.000	30.00	165.59	0.00	4967.811	0.000	383282	693487
103	3060.000	30.00	140.38	0.00	4211.331	0.000	387494	693487
104	3090.000	30.00	110.51	0.00	3315.318	0.000	390809	693487
105	3120.000	30.00	80.71	0.00	2421.387	0.000	393230	693487
106	3150.000	30.00	53.55	0.00	1606.592	0.000	394837	693487
107	3180.000	30.00	25.49	0.00	764.795	0.000	395602	693487
108	3210.000	30.00	0.00	13.63	0.000	408.922	395602	693896
109	3240.000	30.00	0.00	114.40	0.000	3431.994	395602	697328
110	3270.000	30.00	0.00	251.50	0.000	7545.116	395602	704873
111	3300.000	30.00	0.00	351.19	0.000	10535.778	395602	715409
112	3330.000	30.00	0.00	420.05	0.000	12601.473	395602	728010
113	3360.000	30.00	0.00	447.25	0.000	13417.475	395602	741427
114	3390.000	30.00	0.00	409.24	0.000	12277.163	395602	753705
115	3420.000	30.00	0.00	371.19	0.000	11135.826	395602	764840
116	3450.000	30.00	0.00	368.14	0.000	11044.140	395602	775885
117	3480.000	30.00	0.00	371.93	0.000	11157.832	395602	787042
118	3510.000	30.00	0.00	409.86	0.000	12295.945	395602	799338
119	3540.000	30.00	0.00	455.89	0.000	13676.606	395602	813015
120	3570.000	30.00	0.00	478.74	0.000	14362.146	395602	827377
121	3600.000	30.00	0.00	399.73	0.000	11991.843	395602	839369
122	3630.000	30.00	0.00	308.32	0.000	9249.591	395602	848619

Num	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
123	3660.000	30.00	0.00	209.77	0.000	6290.518	395602	854909
124	3690.000	30.00	0.00	119.88	0.000	3592.908	395602	858502
125	3720.000	30.00	3.15	30.50	94.796	912.742	395696	859415
126	3750.000	30.00	62.68	0.00	1883.218	0.000	397580	859415
127	3780.000	30.00	139.93	0.00	4201.980	0.000	401782	859415
128	3810.000	30.00	178.83	0.00	5367.966	0.000	407150	859415
129	3840.000	30.00	85.44	0.00	2563.113	0.000	409713	859415
130	3870.000	30.00	0.00	55.01	0.061	1653.205	409713	861068
131	3900.000	30.00	0.00	431.88	0.000	12966.283	409713	874034
132	3930.000	30.00	0.00	839.25	0.000	25189.537	409713	899224
133	3960.000	30.00	0.00	1245.73	0.000	37373.136	409713	936597
134	3990.000	30.00	0.00	1336.54	0.000	40066.353	409713	976663
135	4020.000	30.00	0.00	1236.99	0.000	37080.719	409713	1013744
136	4050.000	30.00	0.00	1147.01	0.000	34384.383	409713	1048128
137	4080.000	30.00	0.00	1030.85	0.000	30903.207	409713	1079032
138	4110.000	30.00	0.00	889.03	0.000	26651.356	409713	1105683
139	4140.000	30.00	0.00	751.28	0.000	22518.348	409713	1128201
140	4170.000	30.00	0.00	672.04	0.000	20143.147	409713	1148344
141	4200.000	30.00	0.00	609.15	0.000	18259.047	409713	1166603
142	4230.000	30.00	0.00	573.62	0.000	17193.878	409713	1183797
143	4260.000	30.00	0.00	538.94	0.000	16156.106	409713	1199953
144	4290.000	30.00	0.00	505.37	0.000	15150.256	409713	1215104
145	4320.000	30.00	0.00	607.98	0.000	18239.522	409713	1233343
146	4350.000	30.00	0.00	724.65	0.000	21747.493	409713	1255091
147	4380.000	30.00	0.00	953.80	0.000	28630.734	409713	1283721
148	4410.000	30.00	0.00	1266.05	0.000	38012.587	409713	1321734
149	4440.000	30.00	0.00	1583.75	0.000	47540.881	409713	1369275
150	4470.000	30.00	0.00	1297.85	0.000	38923.392	409713	1408198
151	4500.000	30.00	0.00	1140.79	0.000	34196.040	409713	1442394
152	4530.000	30.00	0.00	1085.88	0.000	32550.371	409713	1474945
153	4560.000	30.00	0.00	956.42	0.000	28689.453	409713	1503634
154	4590.000	30.00	0.00	730.16	0.000	21913.775	409713	1525548
155	4620.000	30.00	0.00	564.63	0.000	16951.897	409713	1542500
156	4650.000	30.00	0.00	528.43	0.000	15857.475	409713	1558357
157	4680.000	30.00	0.00	596.13	0.000	17883.995	409713	1576241
158	4710.000	30.00	0.00	711.65	0.000	21349.481	409713	1597591
159	4740.000	30.00	0.00	883.36	0.000	26500.752	409713	1624092
160	4770.000	30.00	0.00	971.44	0.000	29143.264	409713	1653235
161	4800.000	30.00	0.00	1087.67	0.000	32629.989	409713	1685865
162	4830.000	30.00	0.00	1101.71	0.000	33051.282	409713	1718916
163	4860.000	30.00	0.00	1059.34	0.000	31780.083	409713	1750696
164	4890.000	30.00	0.00	905.82	0.000	27174.539	409713	1777871

165	4920.000	30.00	0.00	805.42	0.000	24162.583	409713	1802033
166	4950.000	30.00	0.00	735.16	0.000	22054.745	409713	1824088
167	4980.000	30.00	0.00	680.36	0.000	20410.910	409713	1844499
168	5010.000	30.00	0.00	626.50	0.000	18795.145	409713	1863294
169	5040.000	30.00	0.00	564.49	0.000	16934.617	409713	1880229
170	5070.000	30.00	0.00	516.59	0.000	15497.645	409713	1895726
171	5100.000	30.00	0.00	489.74	0.000	14692.110	409713	1910418
172	5130.000	30.00	0.00	503.88	0.000	15116.455	409713	1925535
173	5160.000	30.00	0.00	571.67	0.000	17150.097	409713	1942685
174	5190.000	30.00	0.00	682.37	0.000	20471.226	409713	1963156
175	5220.000	30.00	0.00	850.64	0.000	25519.252	409713	1988675
176	5250.000	30.00	0.00	1075.29	0.000	32258.573	409713	2020934
177	5280.000	30.00	0.00	1336.87	0.000	40106.228	409713	2061040
178	5310.000	30.00	0.00	1487.44	0.000	44623.075	409713	2105663
179	5340.000	17.30	0.00	1573.56	0.000	27223.729	409713	2132887
180	5344.601	2.30	0.00	1559.68	0.000	3588.323	409713	2136475

Récapitulatif des Cubatures Matériaux de la Chaussée Projetée:

Matériau	Volume Cumulé
BB	9834.07
CdF. (1)	47637.89
CdF. (2)	48062.80
G.B.	24585.17
GNT	29502.20
S.TPC (1)	534.46
S.TPC (2)	534.46
S.TPC (3)	1068.92
S.TPC (4)	641.35
Sous Accotement (1)	2315.71
Sous Accotement (2)	4042.07
Sous Accotement (3)	6319.67